HISTÓRIA NATURAL DAS BORBOLETAS DO VALE DO RIO QUILOMBO, SANTOS, SP

Ronaldo Bastos Francini

RONALDO BASTOS FRANCINI

HISTÓRIA NATURAL
DAS BORBOLETAS DO VALE DO RIO QUILOMBO, SANTOS, SP

1ª edição

Santos, SP
Edição do autor
2010

Um CD com esta publicação pode ser solicitado pelo e-mail
francini@unisantos.br

Depósito Legal na Biblioteca Nacional.

Revisão ortográfica, editoração final, capa e diagramação feitas pelo autor.

Capa: *Ronaldo Bastos Francini*

Se for imprimir este livro use papel tamanho ofício (285 x 375 mm) para aproveitar a formatação original.

Citação:

Francini, R. B. **História natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo, Santos, SP**, 1ª edição. E-book editado pelo autor. Santos, SP, Arquivo PDF com 550 p. disponível pelos e-mails francini@unisantos.br ou rbfrancini@uol.com.br . 2010.

PREFÁCIO

Tenho estudado borboletas desde 1968 quando coletei meu primeiro exemplar de *Heliconius erato phyllis* em um ponto da restinga na praia de São Lourenço na Bertioga. Naquela época esse local ainda era bastante selvagem e lembro bem como fiquei fascinado pelas cores daquela borboleta pousada em flores amarelas e vermelhas de *Lantana camara*. O vermelho vivo da coloração da asa anterior, visto contra o céu azul, ficou marcado na minha memória. Após 40 anos de atividade meu ímpeto de coletor diminuiu e hoje, raramente coleto uma borboleta com o fim de sacrificá-la.

Durante todo esse tempo vi muitos lugares extremamente interessantes serem totalmente modificados pela presença humana, seja pela urbanização, industrialização ou por outras razões antrópicas e, junto com eles uma boa parte das espécies de borboletas e outros organismos silvestres. Por outro lado, em alguns locais onde a presença humana se manteve atenuada por alguma razão ou pelo rigor da lei ambiental que impediu a devastação total, a riqueza em espécies da comunidade de borboletas também diminuiu. Isso aconteceu porque diminuíram as áreas submetidas a impactos relativamente leves, que manteriam bordas com muitas plantas com flor fornecedoras de néctar. Isso aconteceu por exemplo na estrada para a Praia do Itaquitanduva no Parque Estadual Xixová-Japui e na trilha que sobe a Serra de Mongaguá atrás da Cidade da Criança. Nesses dois lugares, a quantidade de espécies de plantas com flores era grande no final da década de 70 e hoje, com a volta da floresta elas diminuíram bastante.

A primeira vez que estive no Vale do Rio Quilombo foi em 15 de setembro de 1974. Naquela época eu estava no início da vida adulta e fiquei impressionado pela paisagem. Na década de 70 o parque industrial de Cubatão era muito mais poluído do que é hoje e ficava muito próximo do vale, embora no Quilombo não se percebesse o mesmo ar pesado de Cubatão.

Durante os anos seguintes voltei lá algumas vezes para tirar fotografias, coletar borboletas e outros materiais para aulas de Biologia. De 1972 até 2010 fiz mais de 300 incursões a essa área e fui observando a transformação que ela foi sofrendo pela ocupação humana que tem aumentado a cada ano.

Com o acúmulo de observações, principalmente sobre borboletas, resolvi escrever este livro que, em princípio tem a finalidade didática de mostrar uma área ainda com muita pujança natural e as relações das borboletas com ela.

Outro objetivo importante é o de mostrar que essa área se encontra sobre um fio da navalha porque pode ser transformada rapidamente em um parque industrial ou em um conglomerado urbano.

No dia 5 de maio de 2008 fiz mais uma das muitas viagens de rotina até o Vale do Rio Quilombo. Nesse dia nublado, após uma semana de chuva forte, ainda havia muita atividade de várias espécies de borboletas alimentando-se nas inflorescências do assa-peixe ou do picão. No km 7 da estrada paramos para conversar com um dos moradores mais antigos, o seu Beraldo, 80 anos vividos quase que exclusivamente no sítio de banana neste pedaço. Paramos para cumprimentá-lo, e ele reconheceu o Renato que veio muitas vezes por aqui atrás de *Heliconius erato phyllis* para o seu trabalho de doutorado. Depois dos cumprimentos ele comentou "nunca esse bananal teve tão ruim!"..."o mato tá crescendo muito!" Esse comentário era pelo fato dele não poder estar cuidando muito do bananal devido a recentes problemas de saúde.

Para nós da cidade, interessados na preservação da natureza, o mato que crescia nas bordas era formado por várias espécies de plantas que eram usadas tanto pelos adultos quanto pelas larvas de borboletas e mariposas como fonte de alimento. Portanto, o mato que era ruim para ele era bom para nós mas talvez não tão bom para o equilíbrio do ecossistema natural.

Pessoas diferentes têm diferentes visões de uma mesma situação, algo que sempre aconteceu. No entanto, agora, com a diminuição visível dos sistemas naturais essa diferença está provocando conflitos sociais cada vez mais complexos e graves. Só uma reflexão mais aprofundada das partes interessadas poderá por um fim a esses conflitos ou pelo menos diminuir sua intensidade.

A história do impacto humano nos ecossistemas naturais começa, no final da última glaciação, a uns 10.000 anos atrás, *Homo sapiens* deixou de ser uma espécie nômade e foi se tornando sedentária. Nos primeiros aglomerados humanos, a densidade populacional tendeu a ir aumentando nas áreas com mais recursos disponíveis.

A conseqüência imediata disto foi a exploração dos recursos naturais das vizinhanças com visíveis impactos no ambiente. A história conhecida da humanidade mostra que houve um crescente aumento do contingente populacional humano ao longo do tempo com muitos casos documentados de extinções locais seguidas ou não por colonizações posteriores.

Os seres humanos são construtores de estradas por excelência e não existem aglomerados humanos onde elas não estejam presentes. Somos como as formigas do gênero *Atta* (saúvas) cultivadoras de fungos só que em uma escala espacial muito maior – a escala global.

Nossa necessidade de movimentação, de pessoas e cargas, criou uma rede enorme e crescente de estrada dos mais variados tipos com profundas consequências para toda a biota terrestre.

Este livro foi feito para ser usado como parte das leituras necessárias aos alunos das disciplinas de Ecologia. O formato tem bem a minha cara, às vezes simplório, às vezes técnico demais e, desculpem, com um certo nível de entropia que faz parte da minha personalidade.

No mínimo ele servirá para documentar uma pequena parte de uma área natural que poderá estar comprometida pela destruição e pelo progresso como muitas outras da nossa região.

No preparo deste livro tive a ajuda de muitas pessoas, algumas do período inicial e outras de períodos mais recentes.

Agradeço pela companhia e ajuda no campo aos biólogos ex-alunos do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Católica de Santos:

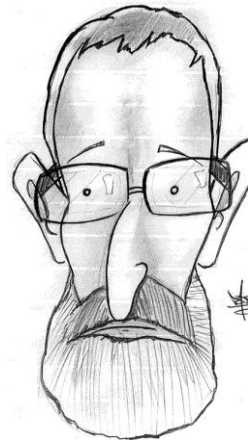
Antônio Paulo Amorim C. de Moraes
Carlo Leopoldo Bezerra Francini
Eduardo de Castro Francisco
Bruno Gonçalves de Oliveira Siqueira
Rômulo Rodrigues Cardoso
Mauro Francisco Peres da Silva
Flávia Ribeiro de Souza
Mariana Azevedo Rabelo
Juliana Pereira Hurtado
Andresa Regina da Silva
Thadeu Sobral de Souza

Ao Prof. Dr. Fernando Frieiro Costa [UNILAVRAS] e ao Dr. Renato Rogner Ramos (Programa de Pós-Graduação em Ecologia da UNICAMP) pela amizade e pelo gosto da História Natural que está sendo perdido nas gerações que estão vindo.

A grande maioria das fotos são minhas mas quando isso não acontecer o respectivo autor ou fonte (*open access*) estão indicados.

Pela identificação de material botânico e zoológico a Dr. Keith Spalding Brown Jr., Dr. André Victor Lucci Freitas (programa de Pós-Graduação em Ecologia da UNICAMP), Prof. Dr. Olaff H. H. Mielke, Profa. Dra. Mirna Casagrande. Aos Prof. Dr. Woodruff Whitmann Benson e Dr. Keith Spalding Brown Jr. pela transmissão do seu enorme conhecimento da História Natural e Ecologia de borboletas.

Pelas facilidades ao acesso à coleções: Profª Drª Cleide Costa [MZ-IB-USP], Profª Drª Maria Francisca do Val [MZ-IB-USP], Prof. Dr. Ubirajara R. Martins [MZ-IB-USP], Prof. Dr. Olaff H. H. Mielke, Profª Drª Mirna Casagrande, Prof. Dr. Marcelo Duarte [MZ-IB-USP].

À Universidade Católica de Santos pela suporte logístico desde 1997. À FAPESP pela concessão de bolsas de IC (Processo FAPESP 84-0432-3), MSc (Processo FAPESP 86/0618-5), Dr (Processo FAPESP 88/3069-8) e PD (Processo FAPESP 93/0097-9) e suporte durante o Projeto Biota *Lepidoptera of the State of São Paulo: diversity, distribution resources and use for environmental analysis and monitoring* (Processo FAPESP 98/05101-8) entre 1999 e 2007.

Ronaldo Bastos Francini
Quase primavera de 2010

A caricatura foi feita pelo meu aluno
Marcello Bongiovanni
que foi perfeito nos detalhes

As fotos mais antigas, negativos e transparências, foram digitalizadas com uma *NIKON Coolpix 995*.

Entre 2000 e 2002 as fotos foram feitas diretamente com equipamento digital: *NIKON Coolpix 995, Sony DSC-S30, Mavica FD-97* ou *DSC F-717*. A partir de 2003 com *CANON Powershot PRO-1, 300D, 60D, 30D, 50D ou 7D*.

Objetivas:

Canon 100 mm/2.8 macro

Sigma 150 mm/2.8 macro

Sigma 70-300/2.8 macro

Sigma 50 mm/2.8 macro

Sigma 15 mm/2.8

Canon 28-55 mm c/adaptador Raynox Circular Fisheye

Sumário

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

Capítulo 1

O Vale do Rio Quilombo no contexto do ambiente físico da Baixada Santista

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

A REGIÃO DO VALE DO RIO QUILOMBO NO CONTEXTO GERAL DA BAIXADA SANTISTA

O Vale do Rio Quilombo (**FIG. 1**) representa uma das últimas áreas verdes do Município de Santos, SP Pela sua posição geográfica, encravado entre montanhas na Serra do Mar, e também pela dificuldade de acesso, ele se manteve relativamente livre de impactos antrópicos desde os anos 1.500 e do intenso processo de urbanização ocorrido na região da Baixada Santista nos últimos 50 anos.

Por estar situado nas coordenadas centrais 23°51S e 46°21W ele está abaixo da linha do Trópico de Capricórnio e, portanto na região sub-tropical. No entanto, a distância média de uns 20 km do litoral e no fundo de um sistema de drenagem regional lhe confere características climáticas diferenciadas.

Na década de 70 houve a intenção da criação de um distrito industrial na área segundo um estudo da antiga PRODESAN, empresa municipal, que por questões de ordem econômica acabou não se viabilizando.

Mas, nos dias atuais os sinais da chegada da presença humana descontrolada já se fazem cada vez mais presentes.

A Região Metropolitana da Baixada Santista (BS) está inserida na região central do litoral do Estado de São Paulo e abrange os municípios de Santos, São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Bertioga, Guarujá, Vicente de Carvalho e Cubatão (**FIG. 2**).

Nessa região, Santos é o município mais importante pela sua posição central e pela presença do porto. Na área da Serra do Mar ele tem limites com os municípios de Santo André e Moji das Cruzes.

Fotos recentes tiradas por satélite mostram que o nível de alteração antrópica, devido a urbanização e/ou industrialização é muito alto em toda a região da Grande São Paulo e da BS (**FIG. 4**).

Esses impactos ficam mais dramáticos quando as fotos são feitas à noite para mostrar a iluminação das áreas ocupadas (**FIG. 5**).

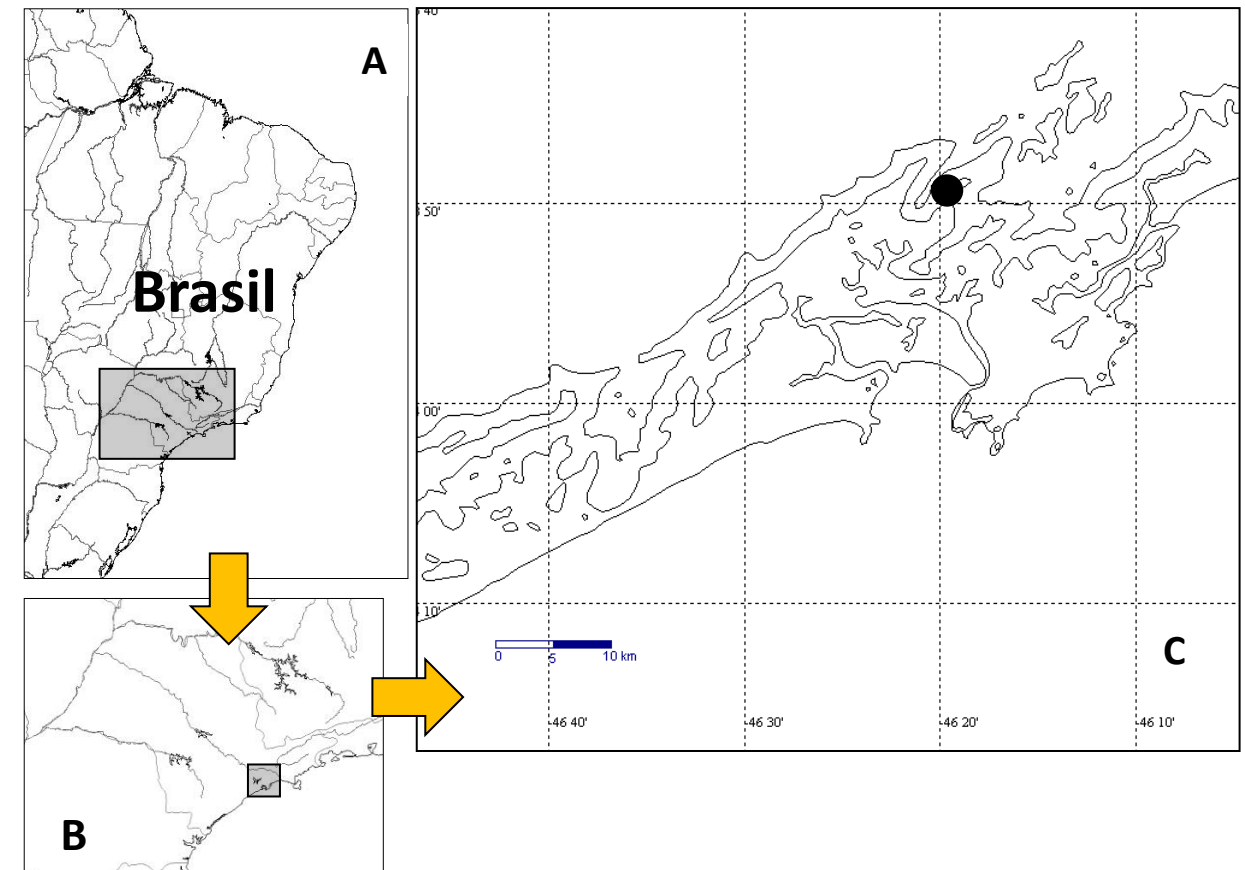



FIGURA 1. (●) Localização do Vale do Rio Quilombo no Brasil, (**A**) no Estado de São Paulo (**B**) e na Baixada Santista (**C**).

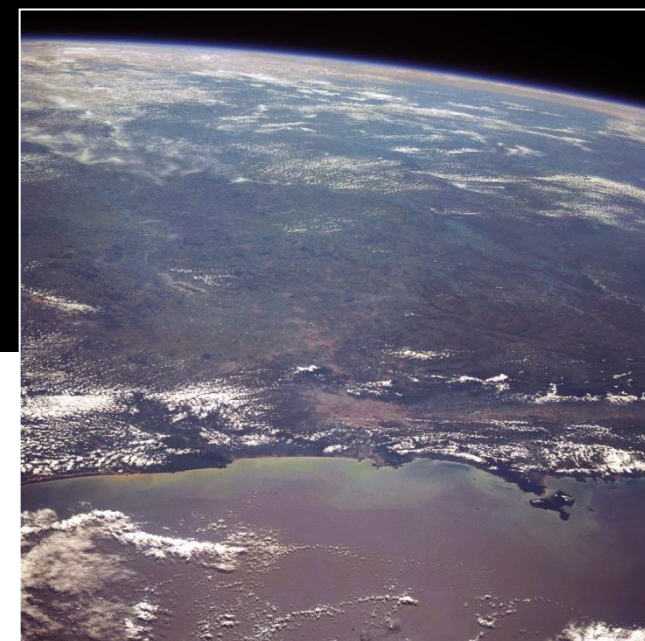
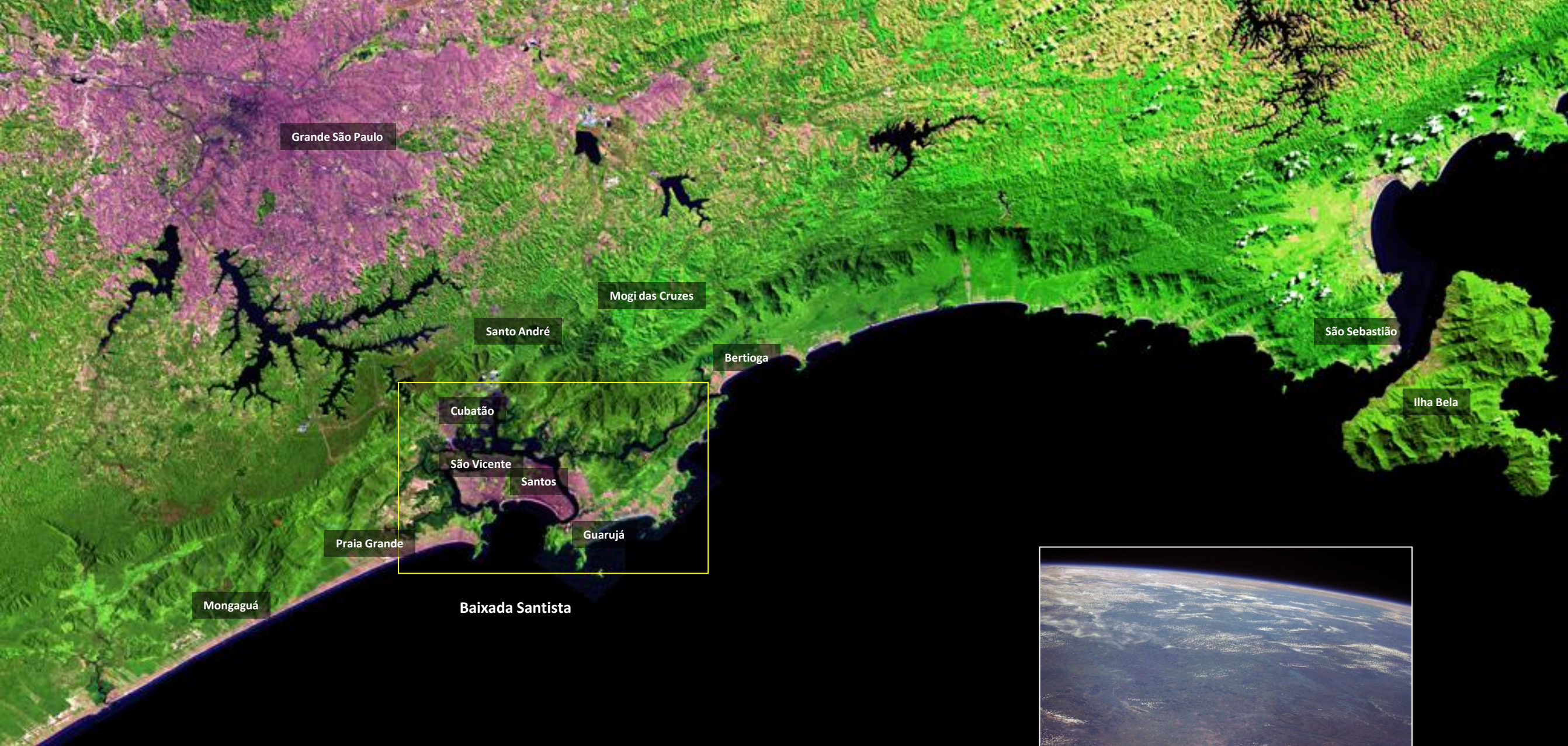



FIGURA 2. Mosaico de fotos do satélite Landsat II (décadas de 70-80) elaborado pela EMBRAPA em 2004. Nele é possível ver a orientação SW-NE do litoral na área estudada. As áreas de coloração rosada são os aglomerados urbanos sendo o maior deles o da Grande São Paulo. No detalhe, uma visão em perspectiva da mesma região tirada por astronautas americanos.

FIGURA 3. Área mais ampliada da figura 1 mostrando os municípios que formam a Região Metropolitana da Baixada Santista. Santos e São Vicente ficam na ilha de São Vicente e Guarujá Na ilha de Santo Amaro. Os Municípios limítrofes de Santos são: Praia Grande, Cubatão, Bertioga (que já pertenceu à Santos), Mogi das Cruzes e Santo André.

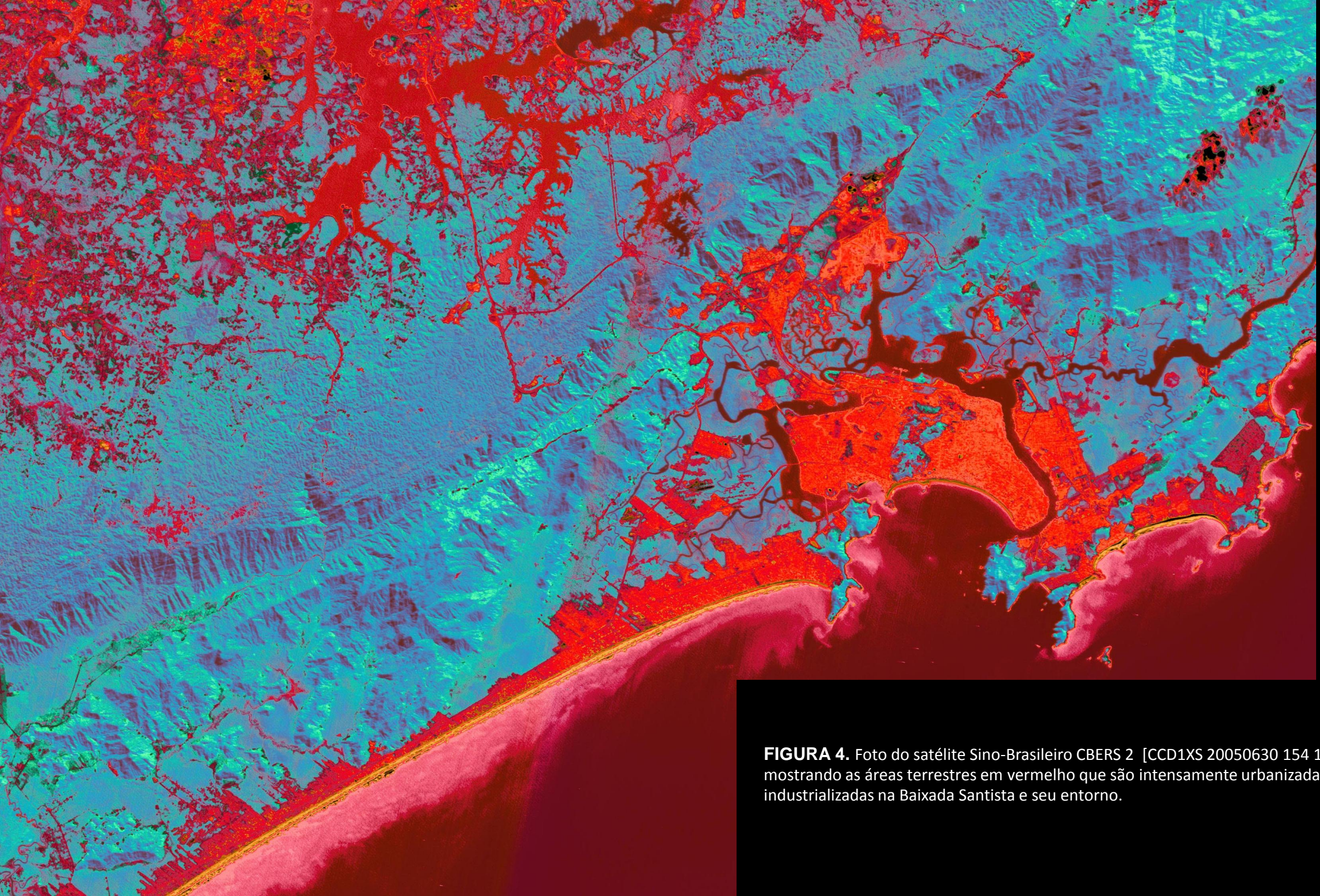



FIGURA 4. Foto do satélite Sino-Brasileiro CBERS 2 [CCD1XS 20050630 154 127 BAND3] mostrando as áreas terrestres em vermelho que são intensamente urbanizadas e/ou industrializadas na Baixada Santista e seu entorno.

FIGURA 5. Foto noturna feita pelo satélite Landsat mostando as áreas iluminadas intensamente urbanizadas e/ou industrializadas na Baixada Santista (Seta vermelha) e seu entorno.

GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E SOLOS

Quando se desce a Serra do Mar pela rodovia Anchieta e se olha a Baixada Santista lá de cima (**FIG. 6-7**) podemos observar que existe uma grande área plana formada por sedimentos costeiros do Quaternário. Essa cobertura sedimentar cenozóica é constituída principalmente por areias, siltes, argilas e suas misturas formando sedimentos com grãos soltos ou fracamente ligados.

Na planície estão presentes morros isolados formado por rochas do embasamento cristalino que geralmente estão recobertas por regolito, um camada residual derivada do intemperismo causado pelo vento, água e seres vivos. Esse regolito vai se acumulando até sua massa ultrapassar o permitido pela gravidade quando então escorrega (**FIG. 8-9**).

As rochas que formam os morros e serras são muito antigas, de idade pré-devoniana (mais de 600.000 anos) sendo constituídas superficialmente, em menor escala por granitos e, em maior escala, por rochas metamórficas duras que geralmente estão dispostas em camadas dobradas. Entre as metamórficas predominam os gnaisses, com a ocorrência de migmatitos, que são rochas metamórficas invadidas por emanações de magmas graníticos.

Existe a sugestão de a excessiva inclinação das escarpas do relevo e a ausência de capturas são devidas a falhas recentes que teriam movimentado verticalmente blocos ou maciços, formando a base sobre a qual se esculpiu o relevo atual.

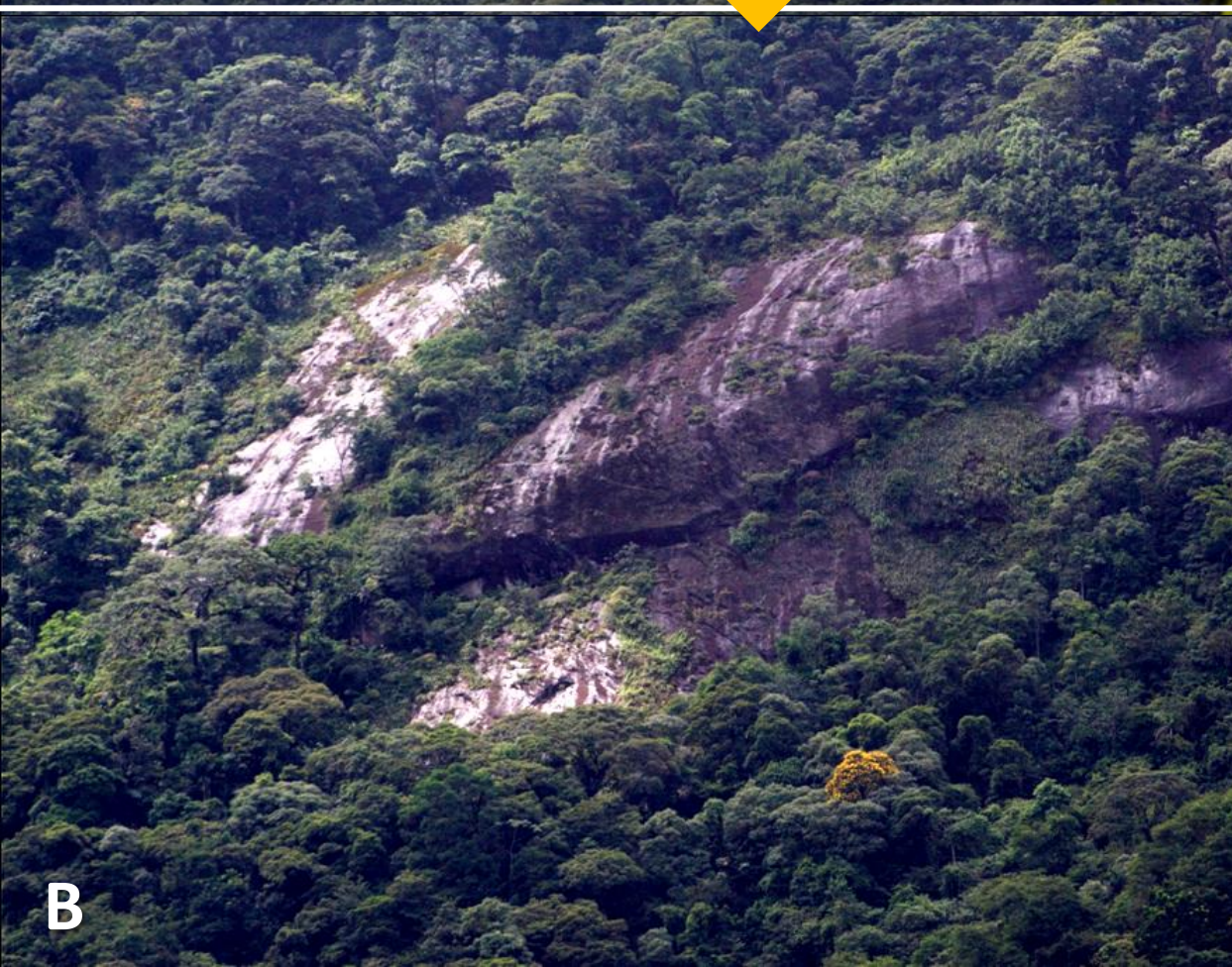
A Baixada Santista tem três tipos de áreas de sedimentação (**FIG. 10**): a marinha, abrangendo praias e restingas; a intermediária, abrangendo manguezais, bancos de lodo e areia (recentes e antigos) e os mangrovitos que são manguezais hoje acima do nível do mar; e a terrígena, abrangendo aluviões terrestres e dunas eólicas. As restingas proviriam de cordões litorâneos ou de restingas propriamente ditas.

Os solos da Baixada Santista podem ser classificados em areias de praia e substrato arenosos, podzol hidromórfico, solo aluvial, associação latossolo vermelho-amarelo e litossolo e solos orgânicos, glei pouco húmico e mangue. Cada tipo influencia, em parte, a vegetação que irá se desenvolver sobre ele.

No período do ótimo climático, a uns 8.000 aap, houve a chamada Trangressão Flandriana que, devido a um aquecimento global, fez com que o nível dos oceanos subisse e suas águas cobrissem toda a área que hoje é plana. Uma das consequências disso para a biota terrestre foi sua total destruição. Assim todas as plantas e animais terrestres que hoje estão nessa área são colonizadores relativamente recentes.

FIGURA 6. Vista geral da Baixada Santista mostrando as cidades de Cubatão e suas indústrias e a rodovia dos imigrantes no primeiro plano com área de rios e manguezais no segundo plano. No fundo à esquerda parte de Santos e à direita parte de S.Vicente e Praia Grande. Os morros ao fundo fazem parte do P.E.Xixová-Japui. Fotografia feita do mirante do oleoduto da Petrobrás no alto da serra.

FIGURA 7. Vista geral da Baixada Santista mostrando a cidade de São Vicente e a rodovia dos imigrantes no primeiro plano. No fundo parte de Praia Grande.

A

B

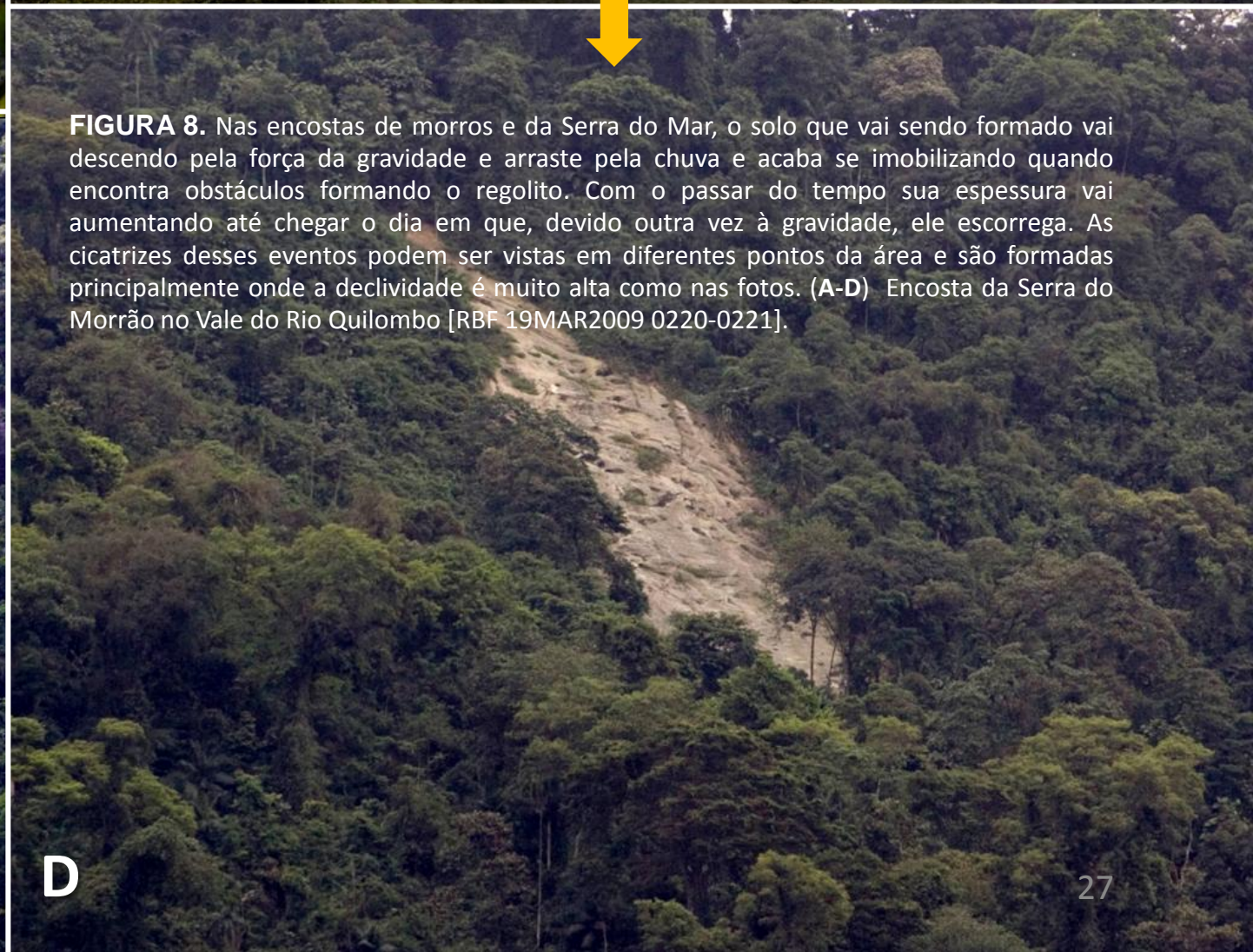
C

D

FIGURA 8. Nas encostas de morros e da Serra do Mar, o solo que vai sendo formado vai descendo pela força da gravidade e arraste pela chuva e acaba se imobilizando quando encontra obstáculos formando o regolito. Com o passar do tempo sua espessura vai aumentando até chegar o dia em que, devido outra vez à gravidade, ele escorrega. As cicatrizes desses eventos podem ser vistas em diferentes pontos da área e são formadas principalmente onde a declividade é muito alta como nas fotos. (**A-D**) Encosta da Serra do Morrão no Vale do Rio Quilombo [RBF 19MAR2009 0220-0221].

FIGURA 9. Além da declividade, o principal fator natural que contribui para a aceleração do escorregamento do regolito pela gravidade é a quantidade de chuvas nas encostas. Mas o desmatamento antrópico também pode contribuir para isso como pode ser visto na área delimitada pela linha branca na foto acima. Nela pode ser vista uma clareira em um ponto relativamente plano na altitude de uns 300 m onde foi feita uma plantação de mandioca na encosta da Serra do Quilombo no Vale do Rio Quilombo [RBF 05MAR2009 0235].

A

praia

duna

NOV2009

C

ABR2003

B

FIGURA 10. Os três tipos de áreas de sedimentação da Baixada santista: a marinha, abrangendo praias e restingas (**A-B**); a intermediária, abrangendo manguezais (**C-D**), bancos de lodo e areia (recentes e antigos) e os mangrovitos que são manguezais hoje acima do nível do mar; e a terrígena, abrangendo aluviões terrestres e dunas eólicas (**A-B**).

duna

praia

MAI2006

D

SET2008

CLIMA

As condições meteorológicas que determinam a longo o prazo o clima da Baixada Santista são muito variáveis.

Em um único dia podemos ter uma temperatura à sombra de 20°C às 07:00 h da manhã e, devido a uma frente quente de NW, pode chegar a 35°C por volta de 13:00 h com umidade relativa abaixo dos 30%. Mas, lá pelas 16:00h, uma frente fria forte vinda do sul pode fazer com que a temperatura logo caia para 17°C seguido logo por chuva intensa. Isso pode acontecer em qualquer uma das estações do ano.

Uma parte dessa instabilidade é devida a posição geográfica da Baixada Santista que é a proximidade do Trópico de Capricórnio que, nessa região litorânea, passa ao norte na latitude de Ubatuba (**FIG. 11**) e a barreira formada pela Serra do Mar (**FIG. 12**).

Além disso, por estar entre o Oceano Atlântico e a Serra do Mar, há um gradiente de altitudes que varia entre 0 e mais de 1200m sobre o nível do mar nas partes mais altas da serra.

Essas condições propiciam um clima extremamente úmido caracterizado por chuvas de frente ou por chuvas orográficas.

Infelizmente, o número de estações meteorológicas que funcionam continuamente não é muito grande no Brasil. Um outro problema é que, mesmo com a INTERNET, o acesso a esses dados nem sempre é fácil. Por isso, o clima da área de estudo, o Vale do Rio Quilombo, teve que ser extrapolado das estações meteorológicas mais próximas.

Os dados mais antigos sobre o clima de Santos são de Belford de Mattos e abrangeram o período de 1888-1921 sendo usados por Setzer em 1946 que fez algumas correções para o período 1888-1941 quando a precipitação pluviométrica foi de 2.232 mm e a temperatura média de 21,9°C (**FIG. 13 A**).

Seu trabalho, embora ultrapassado, também foi bastante informativo, principalmente pelas séries históricas. Mas o trabalho clássico sobre o clima da Baixada Santista foi o de Elina Santos em 1965, que para as coordenadas 23°56'S e 46°19'W, de 1957 a 1961, indicou a média das mínimas de 18,8°C e uma média das máximas de 29,3°C, uma temperatura anual média de 23,5°C e a precipitação pluviométrica anual média de 2.541 mm.

Para o período de 1941 a 1970 (EMBRAPA; (**FIG. 13 B**), a precipitação pluviométrica foi de 3.207 mm e a temperatura média de 24,7°C.

Para o período de 1997 a 2009 a precipitação pluviométrica foi de 2.046 mm e a temperatura média de 23,1°C (**FIG. 13 C**). Segundo CIIAGRO (2006), neste último período a menor média das temperaturas mínimas foi de 15,1°C em julho e a temperatura mínima absoluta registrada foi de 11,6 °C em julho. A maior média das temperaturas máximas foi de 29,9°C em fevereiro e a temperatura máxima absoluta foi de 40,8°C em setembro. O mês mais seco foi junho com uma média de 68,4mm e o mais chuvoso foi janeiro com uma média de 251,7mm. O outono e o verão concentraram 50,4% da distribuição das chuvas nas estações do ano (33,2% e 17,2%, respectivamente).

No inverno essa porcentagem cai para 17,5% subindo para 32,1% na primavera (**FIG. 14**). No período de 1997 a 2008 a estação seca sempre esteve presente (**FIG. 15**) e só não ocorreu em 2009 devido a mais um evento El-niño (**FIG. 16**).

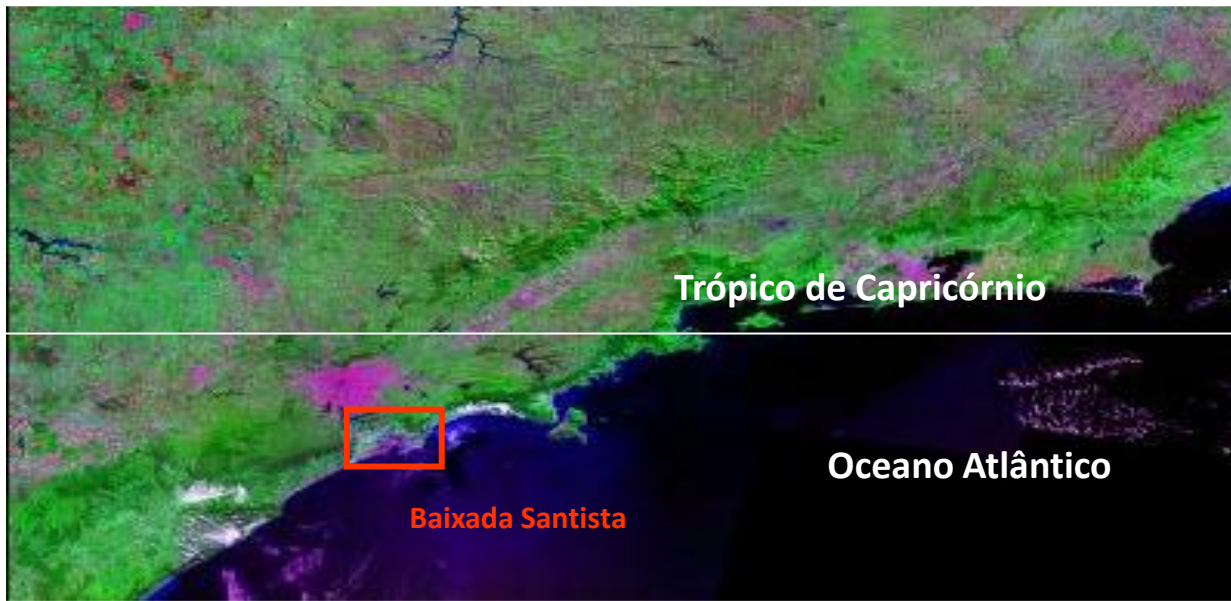



FIGURA 11. Posição geográfica da Baixada Santista em relação ao Trópico de Capricórnio.

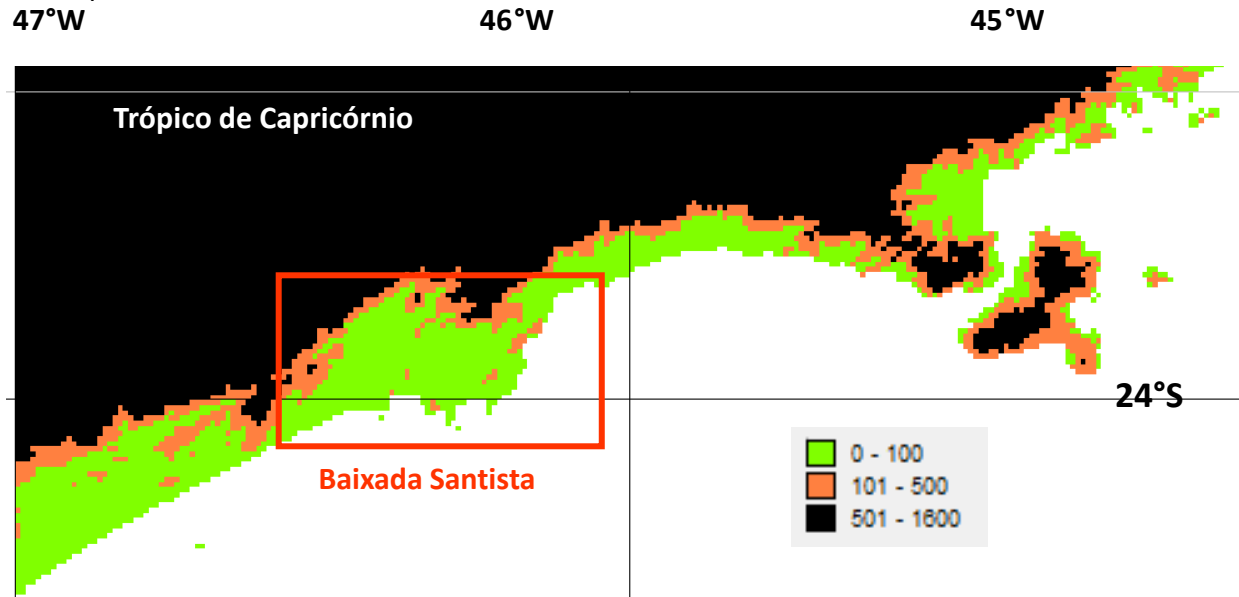



FIGURA 12. Muralha formada pela Serra do Mar na região da Baixada Santista.

FIGURA 13. Diagramas climáticos "normais" de Santos nos períodos (A) 1888-1941, (B) 1941-1970 e (C) 1997-2009.

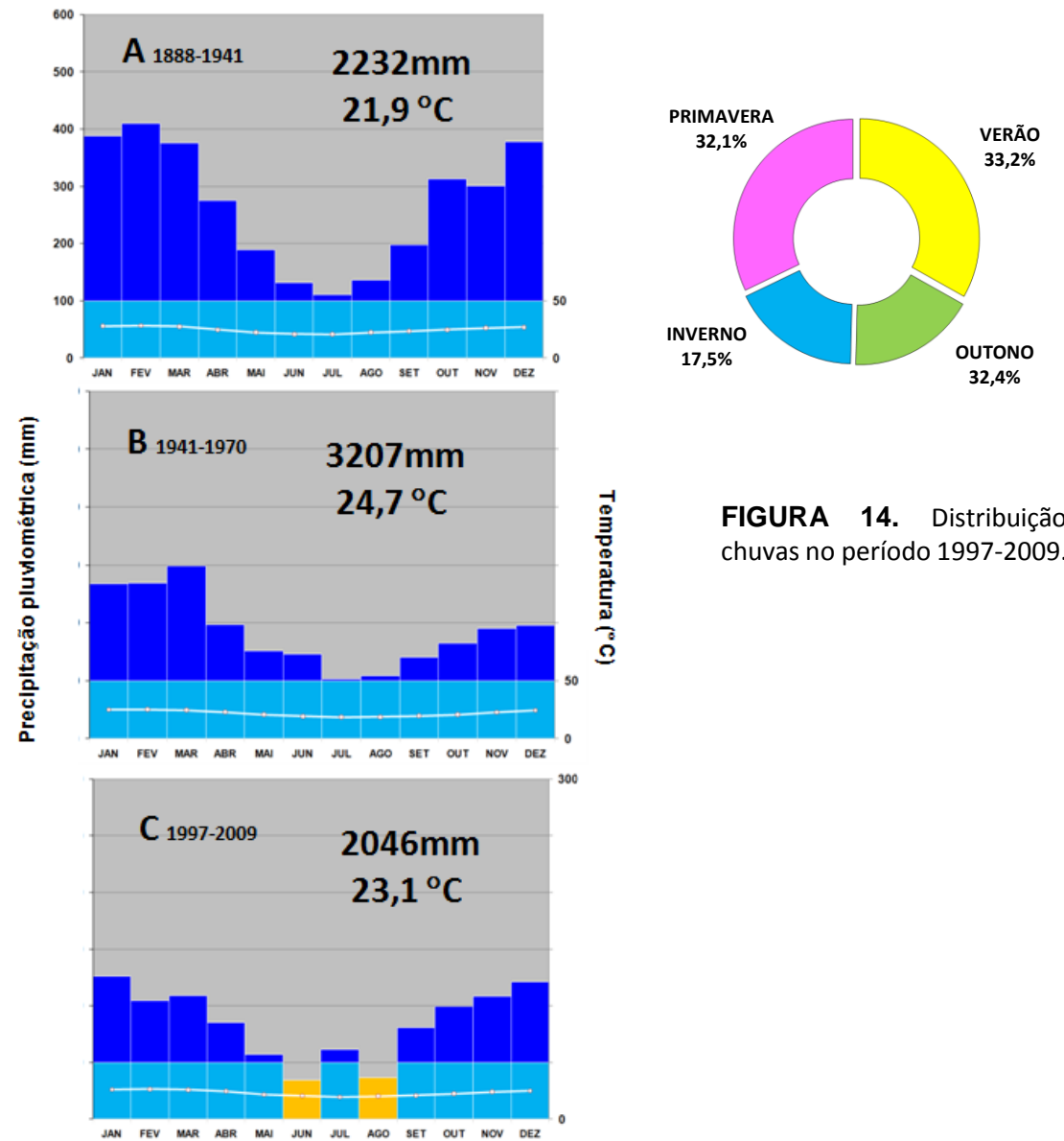



FIGURA 14. Distribuição das chuvas no período 1997-2009.

Mês com chuva acima de 100mm (excedente hídrico)

Mês com chuva abaixo de 100mm

Mês com chuva abaixo da curva da temperatura mensal média (deficiência hídrica)

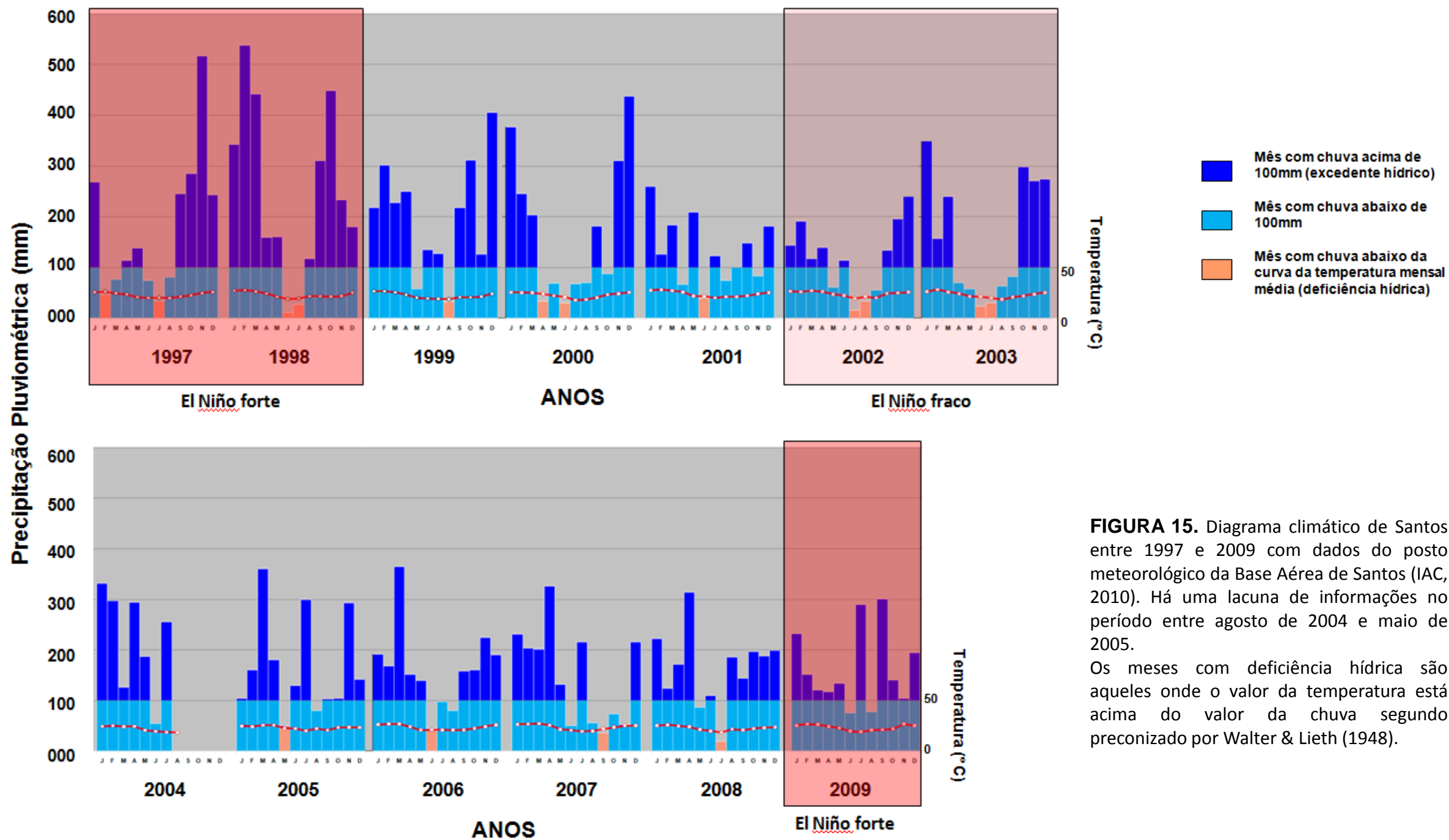



FIGURA 15. Diagrama climático de Santos entre 1997 e 2009 com dados do posto meteorológico da Base Aérea de Santos (IAC, 2010). Há uma lacuna de informações no período entre agosto de 2004 e maio de 2005.
Os meses com deficiência hídrica são aqueles onde o valor da temperatura está acima do valor da chuva segundo preconizado por Walter & Lieth (1948).

Em julho de 2009 começou mais um evento el-niño classificado pelo INPE (2010) como moderado (**FIG. 16**). Mais uma vez ele alterou profundamente o regime climático normal fazendo com que em julho e setembro de 2009 chovesse, respectivamente, 289,7 e 303,3mm, ou seja mais do que normalmente chove nos meses mais chuvosos de verão.

O evento El Niño e seu oposto o evento La Niña são derivados das alterações na distribuição da temperatura da superfície da água do Oceano Pacífico e causam profundos efeitos no clima do planeta. Esse aquecimento é causado pelo aumento da atividade do lançamento de lava no assoalho do oceano e podem durar até 18 meses. Isto modifica o sistema normal de flutuação das temperaturas daquele oceano, a Oscilação Sul e são denominados também de evento ENOS (de El Niño – Southern Oscilation).

Como já foi visto, a proximidade da Serra do Mar, do Oceano Atlântico e da linha do Trópico de Capricórnio fazem com que a Baixada Santista apresente um clima da transição subtropical para tropical com influência marinha e qualquer uma das normais climáticas mostradas permitem colocar o clima no tipo Af na classificação de Köppen (Köppen 1948) (**FIG. 17**).

Nessa latitude existe um gradiente de chuva que vai aumentando do Oceano Atlântico para a Serra do Mar e depois diminui no Planalto Paulista (**FIG. 18**).

1877	1878
1888	1889
1896	1897
1899	1899
1902	1903
1905	1906
1911	1912
1913	1914
1918	1919
1923	1923
1925	1926
1932	1932
1939	1941
1946	1947
1951	1951
1953	1953
1957	1959
1963	1963
1965	1966
1968	1970
1972	1973
1976	1977
1977	1978
1979	1980
1982	1983
1986	1988
1990	1993
1994	1995
1997	1998
2002	2003
2004	2005
2006	2007
2008	2009
2009	2010

FIGURA 16. Anos de ocorrência do fenômeno El Niño e respectiva intensidade relativa. Dados de Rasmusson e Carpenter 1983, Monthly Weather Review, Ropelewski e Halpert 1987, Monthly Weather Review. Cold episode sources Ropelewski e Halpert 1989, Journal of Climate. Climate Diagnostics Bulletin. A intensidade dos ventos é baseada no padrão e magnitude das anomalias da TSM do Pacífico Tropical. http://enos.cptec.inpe.br/

FRACO
MODERADO
FORTE

47°W 46°W 45°W

23°S

T. Ca

24°S

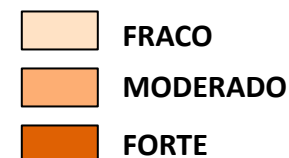
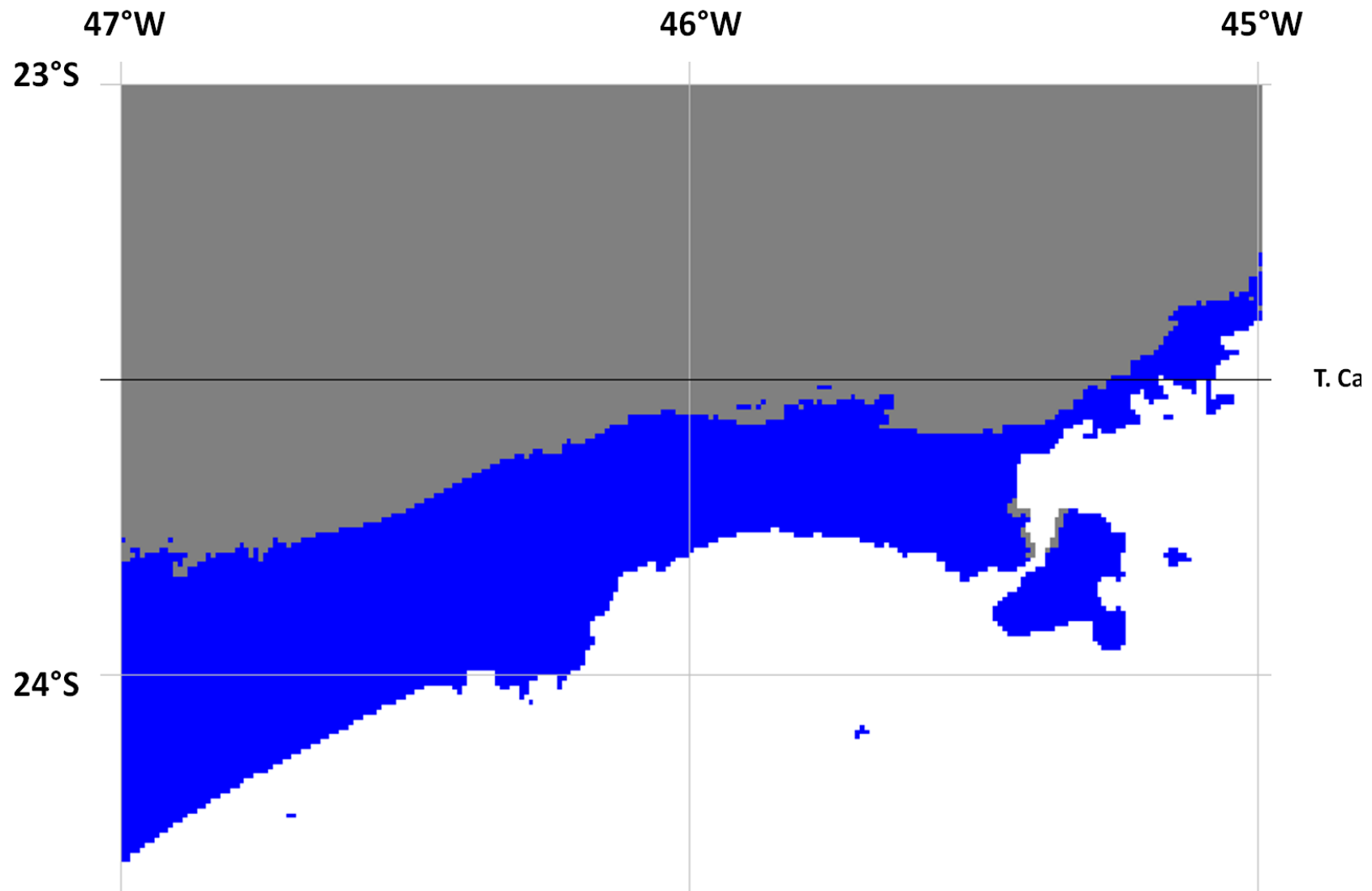



FIGURA 17. Áreas do Estado de São Paulo próximas á costa e com clima do tipo Af na classificação de Köppen.

FIGURA 18. Precipitação pluviométrica anual média de vários locais no entorno da Baixada Santista mostrando o gradiente de diminuição das chuvas do Oceano Atlântico para a Serra do Mar.

S.Vicente
2278 mm

Paranapiacaba
3092 mm

Represa Itatinga
3418 mm

Humaitá
2360 mm

Campo Grande
2605 mm

Piassaguera
2675 mm

Usina Itatinga
3122 mm

Melvi
2740 mm

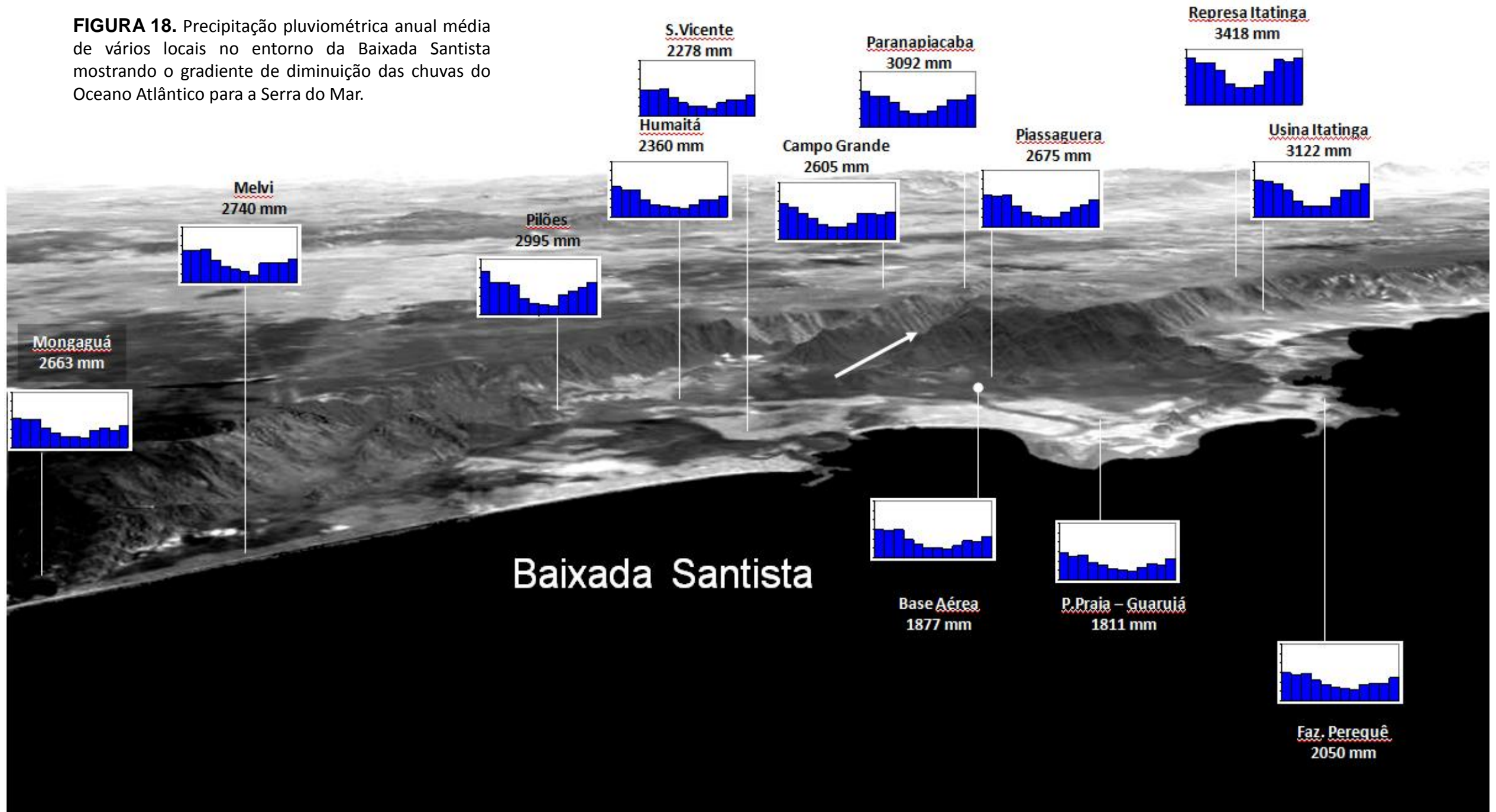
Pilões
2995 mm

Mongaguá
2663 mm

Baixada Santista

Base Aérea
1877 mm

P.Praia – Guarujá
1811 mm

Faz. Perequê
2050 mm

Do ponto de vista regional, percebe-se que as temperaturas anuais médias da região litorânea são maiores do que aquelas dos topos da Serra do Mar ou do Planalto Paulista (**FIG. 19 A**).

Essas diferenças ficam mais evidentes quando se visualizam as amplitudes térmicas diurnas indicadas pelas diferenças entre as temperaturas mínimas e máximas (**FIG. 19 B**) ou a sazonalidade da temperatura anual média (desvio padrão da temperatura anual média * 100; **FIG. 19 C**).

A isotermalidade (obtida dividindo-se a amplitude térmica diurna pela amplitude anual da temperatura multiplicando-se esse quociente por 100) mostra também a diferenciação da região litorânea das interioranas (**FIG. 19 D**).

A amplitude da temperatura anual média também forma um gradiente da região litorânea para o interior ficando cada vez mais alta (**FIG. 20 A**).

Esse gradiente se mantém para a temperatura mínima do mês mais frio (**FIG. 20 B**). Mas para a temperatura do máxima do mês mais quente ela diminui em direção à Serra do Mar sendo maior tanto no litoral quanto no interior embora mais alta no primeiro (**FIG. 20 C**).

Não há registro de geada na Baixada Santista embora, em alguns anos, ela possa ocorrer no inverno nos topos da Serra do Mar.

As temperaturas médias (°C) dos quartos (três meses) mais úmido (**FIG. 21 A**) do quarto mais seco (**FIG. 20 B**); do quarto mais quente (**FIG. 20 C**) e do quarto mais frio (**FIG. 21 D**) mostram que mesmo no inverno as temperaturas são amenas.

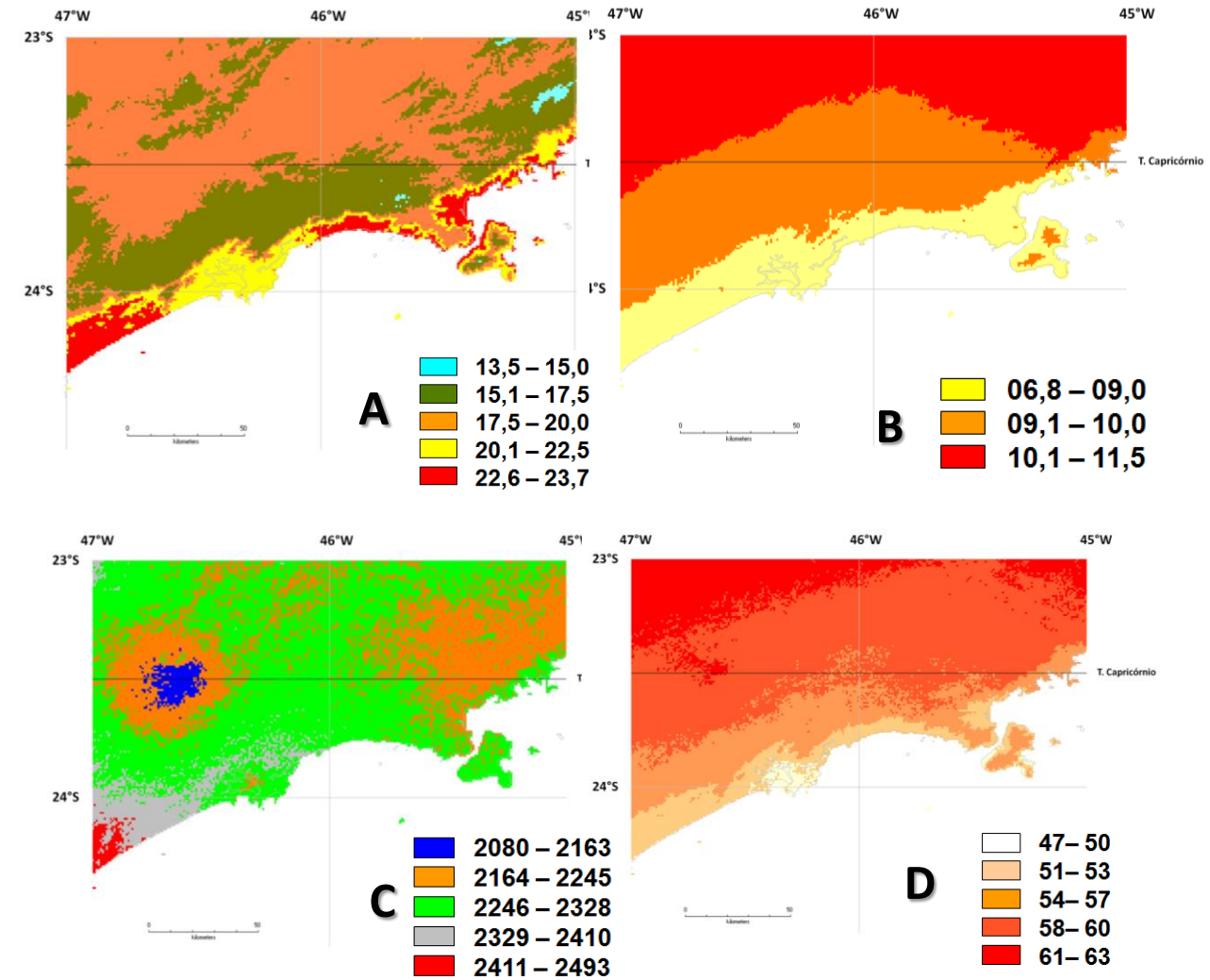



FIGURA 19. (**A**) Temperatura anual média (°C); (**B**) Amplitude térmica diurna (TMIN - TMAX); (**C**) Sazonalidade da temperatura anual média (desvio padrão da temperatura anual média * 100); (**D**) Isotermalidade ([CHUVA média de fevereiro / julho] * 100).

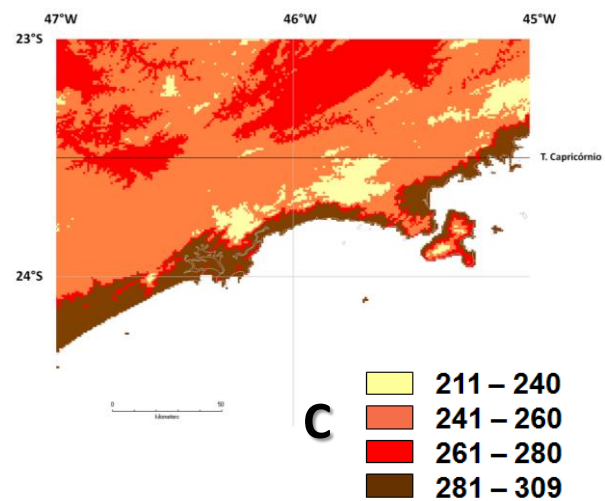
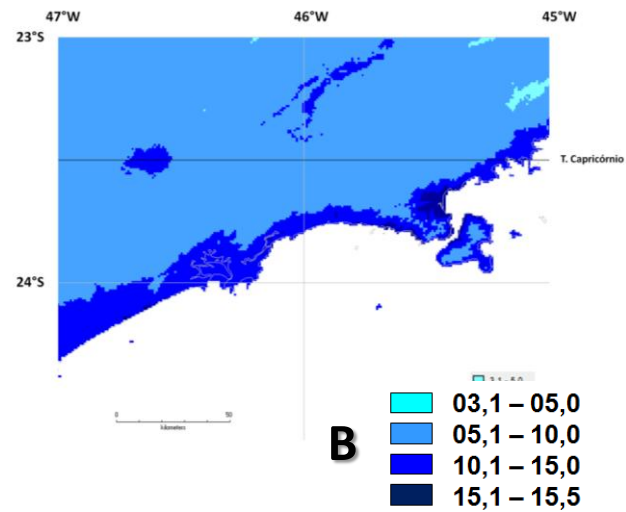
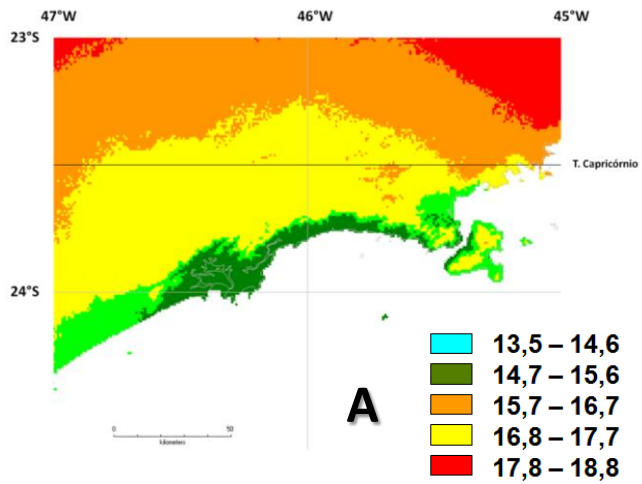



FIGURA 20. (**E**) Amplitude da temperatura anual média (°C); (**F**) Temperatura média mínima do mês mais frio; (**G**) Temperatura média mínima do mês mais quente.

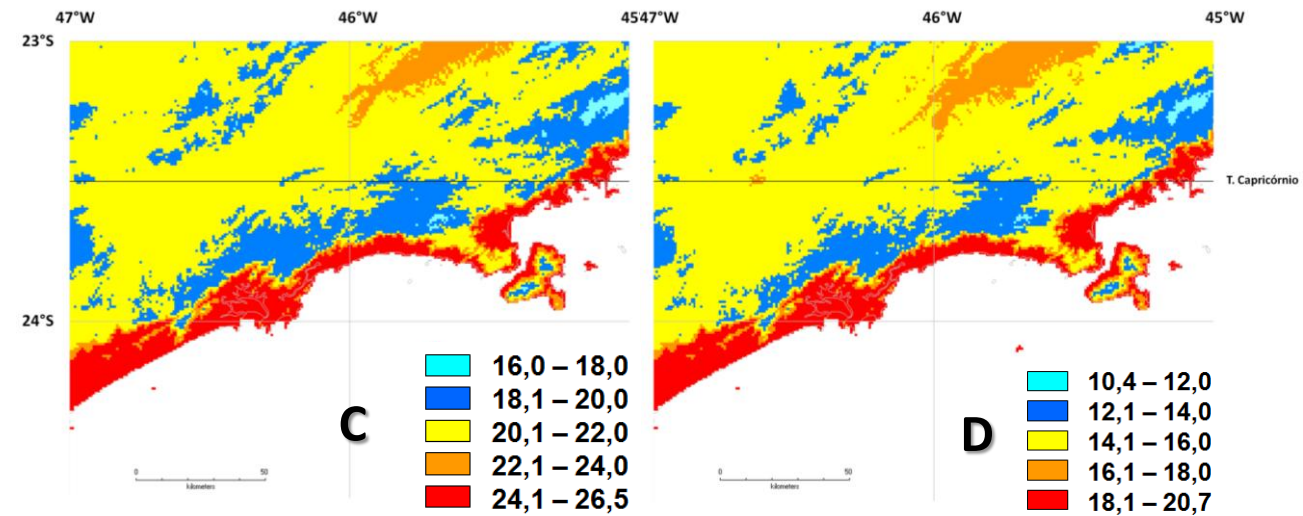
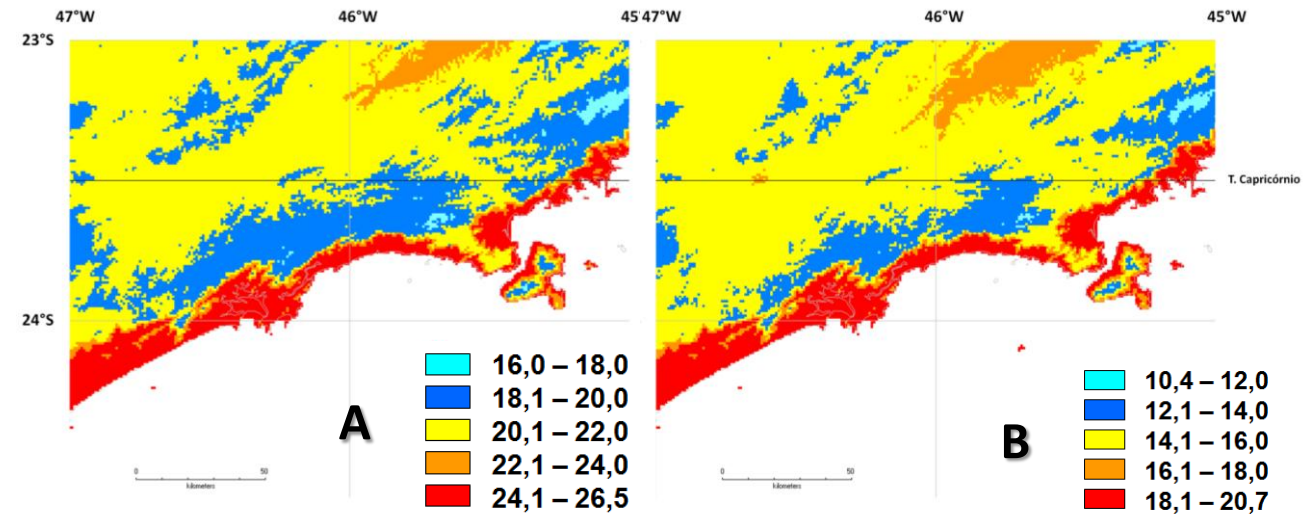



FIGURA 56

FIGURA 21. Temperatura média (°C); (**A**) do quarto mais úmido; (**B**) do quarto mais seco; (**C**) do quarto mais quente; (**D**) do quarto mais frio.

O gradiente das chuvas (**FIG. 22 A**) fica mais evidente no mapa. Os maiores valores de precipitação média registrados para o Brasil estão aqui, na Serra do Mar no entorno da Baixada Santista e em Ubatuba, indicados pela coloração mais escura que fica mais evidente no mapa que mostra a precipitação pluviométrica média do mês mais úmido (**FIG. 22 B**).

Mesmo quando se observa a precipitação pluviométrica média do mês mais seco verifica-se a grande diferença do litoral para o interior (**FIG. 22 C**).

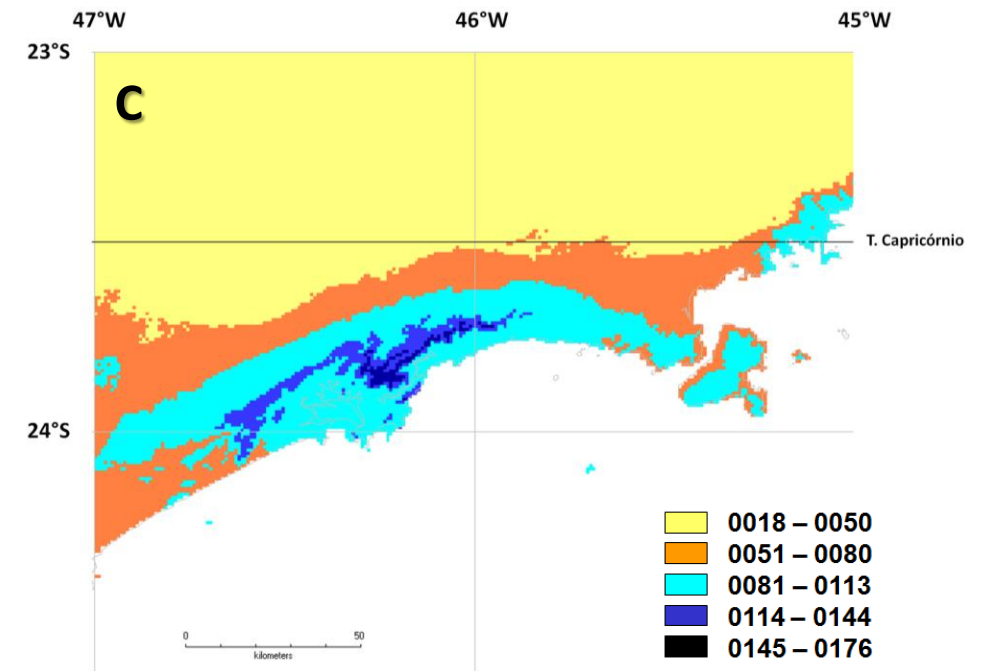
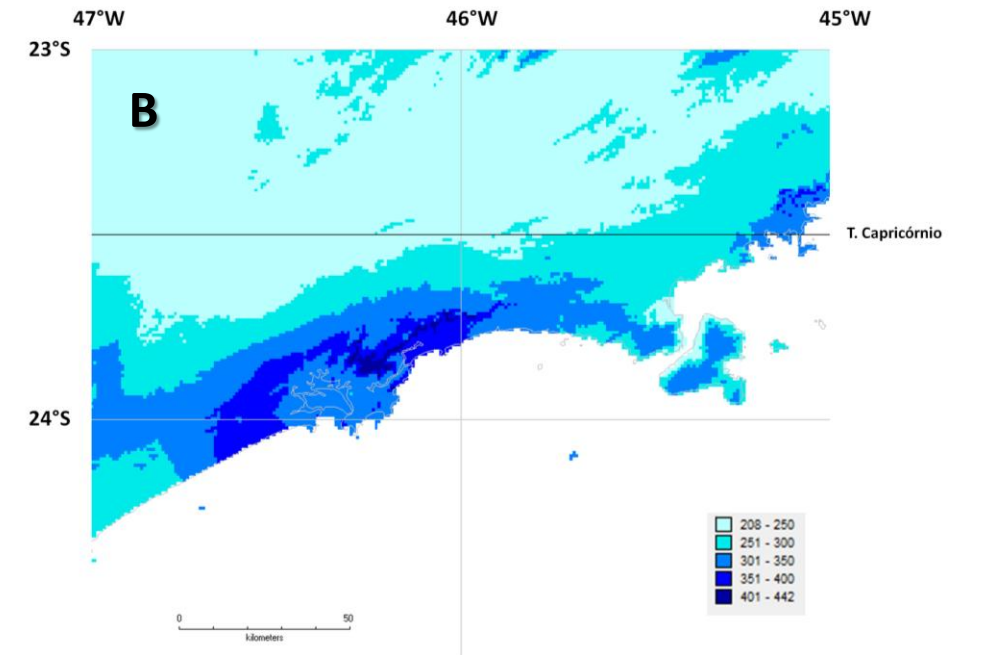
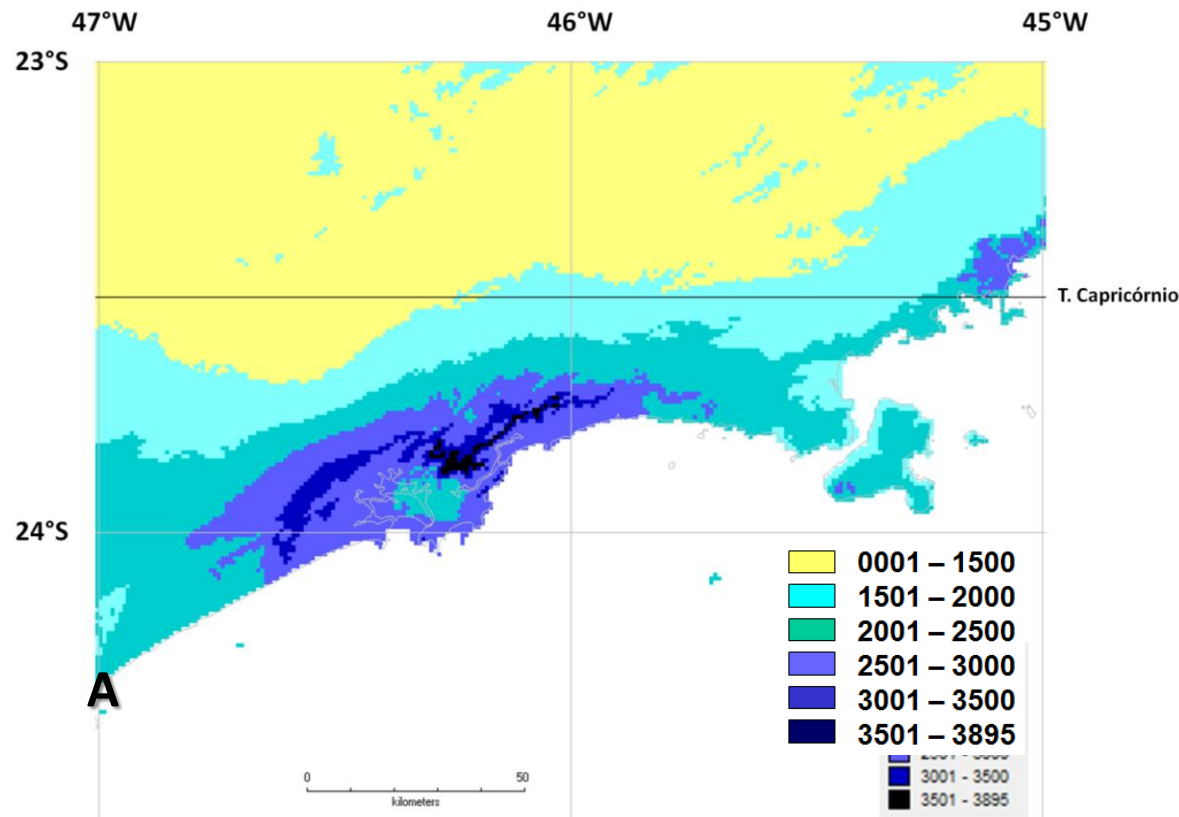



FIGURA 22. (**A**) Pluviosidade anual média (mm); (**B**) Pluviosidade anual média (mm) do mês mais úmido; (**C**) Pluviosidade do mês mais seco.

Os ventos sul, sudoeste, sudeste e leste são os mais prevalecentes (**FIG. 23**) trazendo umidade do mar e, geralmente, diminuindo as temperaturas. Já os ventos dos quadrantes noroeste, norte são mais secos e aumentam as temperaturas criando um ambiente bastante desconfortável.

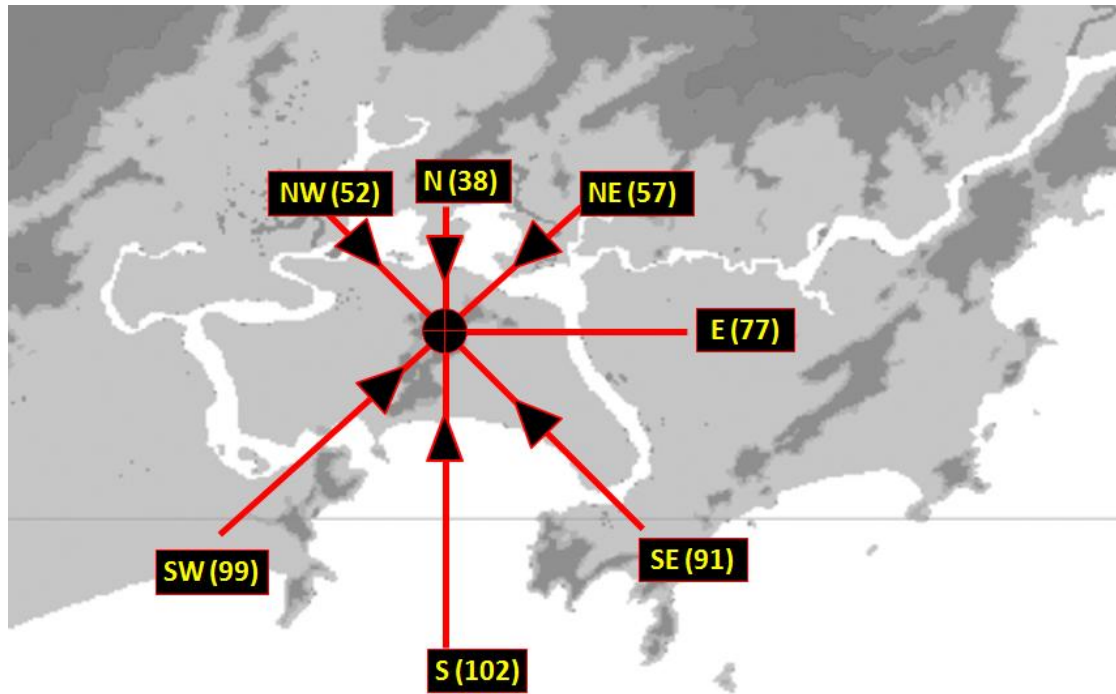



FIGURA 23. Prevalência dos ventos nas cordenadas 23°45'S 46° 36'W (centro da Ilha de São Vicente) no período 1960-62. Modificado de Santos (1965).

O fotoperíodo é maior no verão com mais de 13h de luz e menor no inverno com menos de 11h de luz (**FIG. 24**).

A quantidade média potencial de energia solar recebida na região na latitude 23°45'S no nível do mar é de 385 W/m^2.

Mas essa quantidade pode ser menor devido ao recobrimento de nuvens ou ao recobrimento pela própria vegetação em cada ponto.

Fotos hemisféricas permitem fazer estimativas desse potencial baseando-se no caminhamento que o sol executa nas coordenadas do ponto (**FIG. 25**)

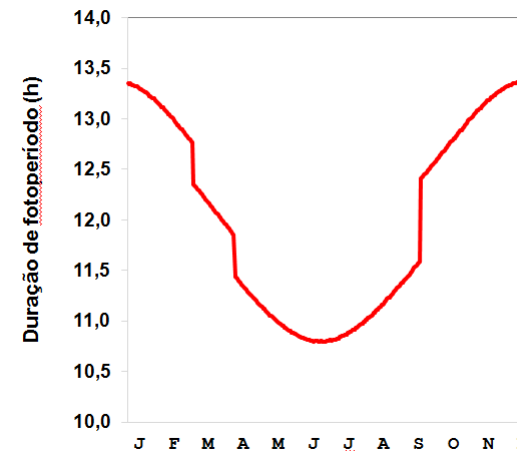



FIGURA 24. Duração do fotoperíodo (h) para 2008 nas coordenadas 23°45'S 46° 36'W (centro da Ilha de São Vicente). Dados de USNO (2008).

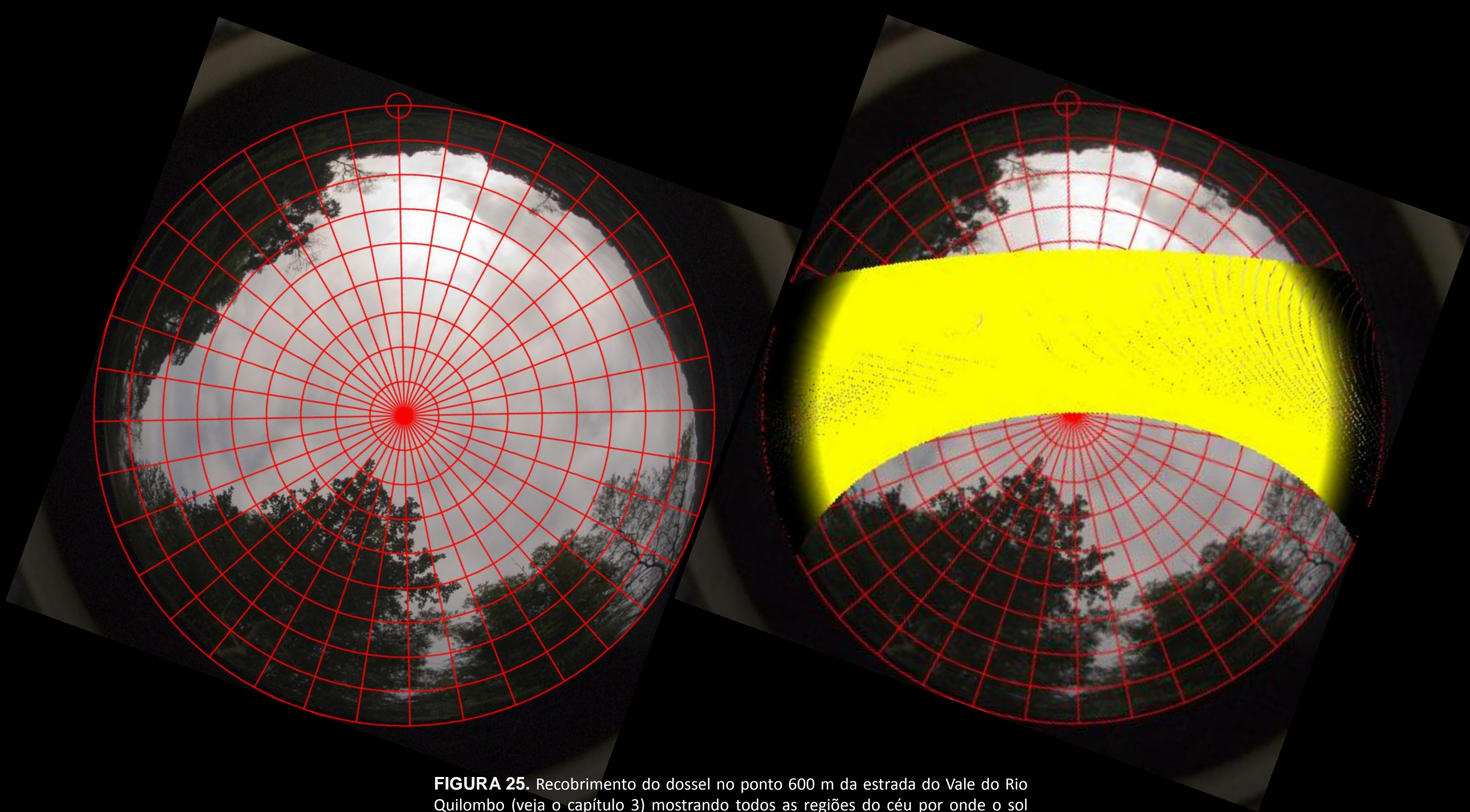



FIGURA 25. Recobrimento do dossel no ponto 600 m da estrada do Vale do Rio Quilombo (veja o capítulo 3) mostrando todos as regiões do céu por onde o sol passará. O norte geográfico está no topo do círculo indicado por um círculo.

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

Capítulo 2

O ambiente do Vale do Rio Quilombo

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

LOCAL DE ESTUDO E A OCUPAÇÃO HUMANA DA ÁREA

A ocupação da área pelos colonizadores portugueses iniciou-se após 1530 a partir de São Vicente e Santos. Mas há indícios que antes disso, já havia europeus por aqui. Na região, o ciclo da cana-de-açúcar foi muito rápido dado às condições do solo e do clima e logo o acesso ao interior passou a ser a prioridade.

No entanto, tanto Santos quanto São Vicente, passaram por uma revitalização a partir do século XVII por serem importantes elos de ligação marítima com outros pontos do Brasil e da Europa e como porta de entrada para as minas de ouro.

Os dados demográficos mais antigos para a Baixada Santista remontam a 1836 quando a população era de pouco mais de 6.000 habitantes. Hoje ela é de 150.000 (IBGE 2004) um crescimento de 25 vezes em 180 anos.

A área de estudo (**FIG. 26-27**) incorpora toda a estrada de acesso à represa de captação de água da antiga Companhia Siderúrgica Paulista (COSIPA), atualmente USIMINAS (**FIG. 28-29**), na margem direita do Rio Quilombo (coordenadas 23°51'35"S-46°21'01"W e 23°49'18"S-46°18'37W") no litoral central do Estado de São Paulo. Está dentro da bacia hidrográfica do Rio Quilombo que tem 66,7 km^2 e está situada entre as Serras do Morrão (margem direita) e do Quilombo (margem esquerda) sendo toda a área acima da cota de 100 m pertencente ao Núcleo Cubatão do Parque Estadual da Serra do Mar gerenciado pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. A estrada tem 8,5km de comprimento cruzando o leito desse rio no km 8,0 em passagem a vau mais 500 m até a represa de captação de água.

Serra do Morrão

Rodovia Piassaguera-Guarujá

Vale do Rio Quilombo

JUN2005

FIGURA 26. Vista da área da entrada do Vale do Rio Quilombo observada de cima da Serra do Quilombo com a Serra do Morrão vista ao fundo. A seta amarela indica a Rodovia Cônego (Piassaguera-Guarujá) no trecho da ponte sobre o Rio da Onça.

FIGURA 27. A posição da estrada enfocada neste livro. Ela sai da rodovia Pissagüera-Guarujá e percorre uma parte da margem direita do Rio Quilombo. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

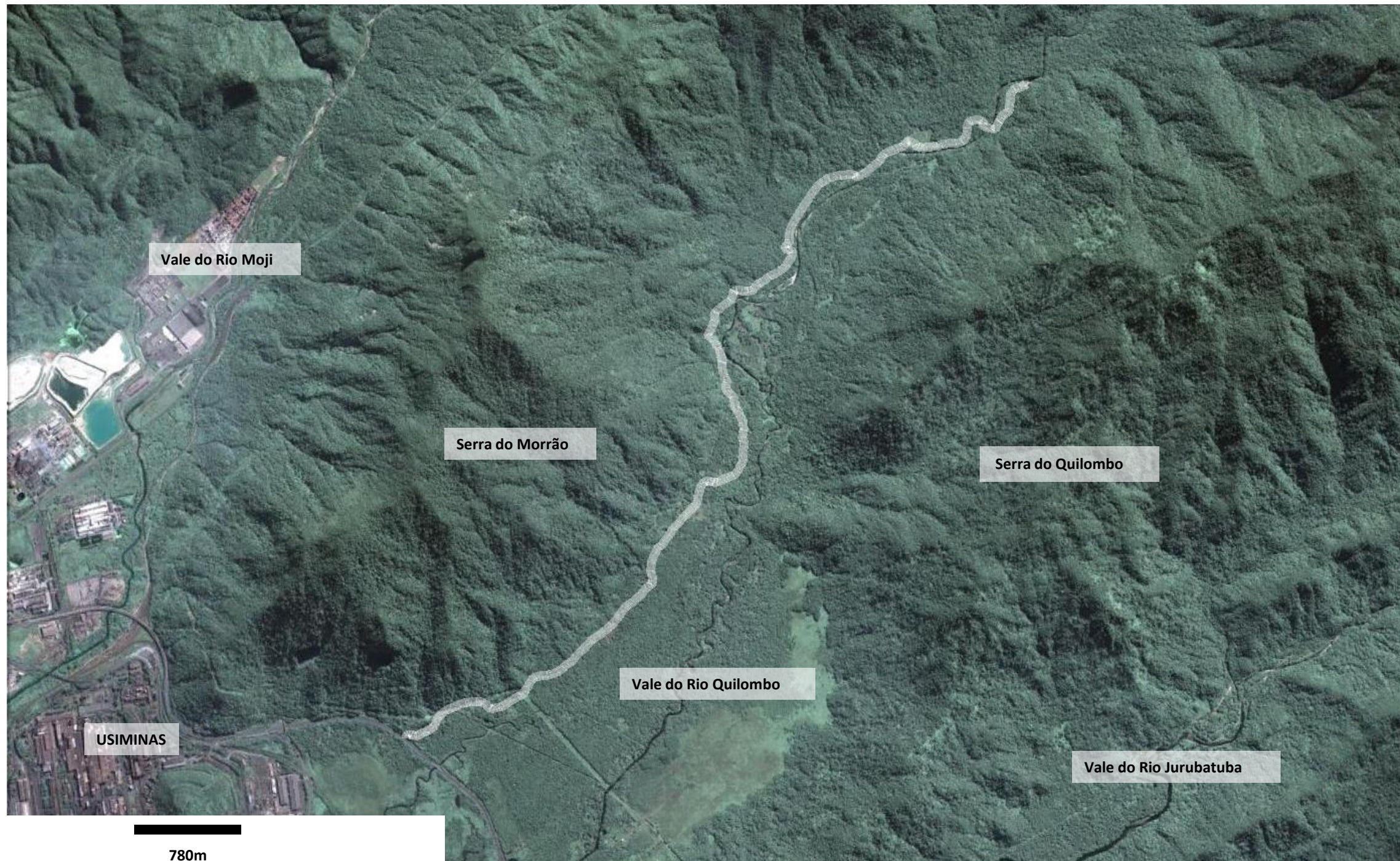



FIGURA 28. Vista da área da entrada do Vale do Rio Quilombo observada de cima da Serra do Quilombo com a Serra do Morrão vista ao fundo. A mesma foto da FIGURA 25 mostrando tanto a Rodovia Piassaguera-Guarujá quanto a USIMINAS.

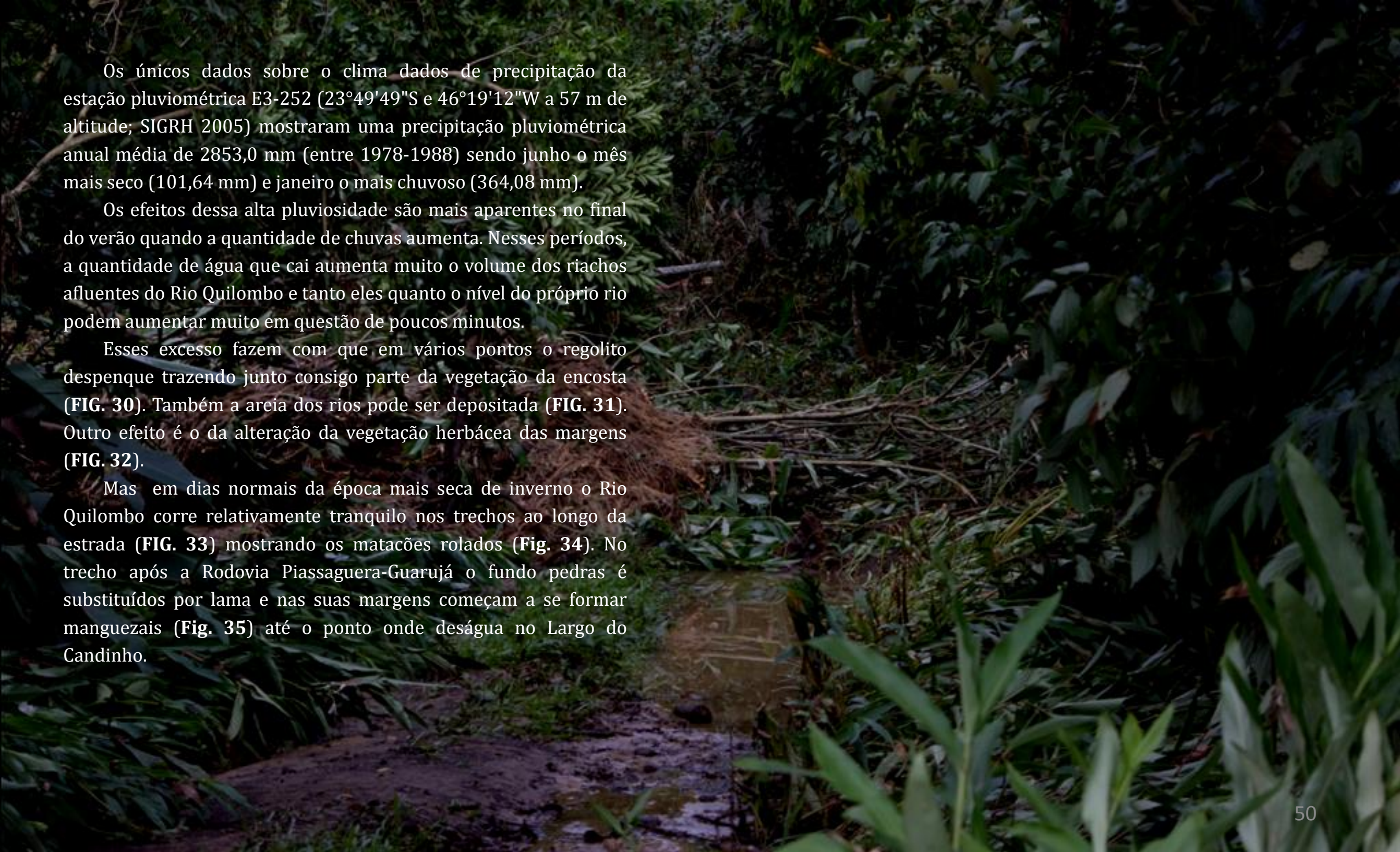



FIGURA 29. Detalhe da mesma área da foto da FIGURA 27 mostrando o manguezal e a fábrica da USIMINAS.

JUN2005

Os únicos dados sobre o clima dados de precipitação da estação pluviométrica E3-252 (23°49'49"S e 46°19'12"W a 57 m de altitude; SIGRH 2005) mostraram uma precipitação pluviométrica anual média de 2853,0 mm (entre 1978-1988) sendo junho o mês mais seco (101,64 mm) e janeiro o mais chuvoso (364,08 mm).

Os efeitos dessa alta pluviosidade são mais aparentes no final do verão quando a quantidade de chuvas aumenta. Nesses períodos, a quantidade de água que cai aumenta muito o volume dos riachos afluentes do Rio Quilombo e tanto eles quanto o nível do próprio rio podem aumentar muito em questão de poucos minutos.

Esses excesso fazem com que em vários pontos o regolito despenque trazendo junto consigo parte da vegetação da encosta (**FIG. 30**). Também a areia dos rios pode ser depositada (**FIG. 31**). Outro efeito é o da alteração da vegetação herbácea das margens (**FIG. 32**).

Mas em dias normais da época mais seca de inverno o Rio Quilombo corre relativamente tranquilo nos trechos ao longo da estrada (**FIG. 33**) mostrando os matacões rolados (**Fig. 34**). No trecho após a Rodovia Piassaguera-Guarujá o fundo pedras é substituídos por lama e nas suas margens começam a se formar manguezais (**Fig. 35**) até o ponto onde deságua no Largo do Candinho.

MAR2009

MAR2009

MAR2009

FIGURA 30. Efeitos das chuvas de março de 2009 que provocou o desbarrancamento em vários pontos da estrada, a queda de árvores (**pág. x**) ou a deposição de areia devido ao trasbordamento dos riachos (**pág. x**).

FIGURA 31. Resultado do transbordamento de um dos riacho depois das chuvas de março de 2009.

MAR2009

FIGURA 32. Aspecto da vegetação herbácea das margens de um dos riachos após o transbordamento causado pelas chuvas de março de 2009.

MAR2009

JUL2005

JUL2005

FIGURA 33. Aspectos do Rio Quilombo na época mais seca vendo-se ao fundo parte da encosta da Serra do Quilombo. A várzea submetida a inundação nas cheias é dominada por gramíneas.

JUL2005

JUL2005

OUT2003

FIGURA 34. Detalhe do leito do Rio Quilombo mostrando os matacões rochosos de gnaisse de diferentes tamanhos.

FIGURA 35. Início da formação de manguezal no trecho onde o Rio Quilombo é cortado pela rodovia Piassaguera-Guarujá.

JUN2007

Capítulo 3

A estrada do Vale do Rio Quilombo

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

O IMPACTO DAS ESTRADAS NA BIOTA

Atualmente, a paisagem natural em muitas partes do mundo foi substituída por uma paisagem fragmentada principalmente por estradas. Essa paisagem fragmentada tem uma história ligada ao uso que as pessoas fizeram dela sendo o seu conhecimento fundamental para descobrir o que deve ser mais importante na sua conservação.

Em muitos lugares, parte da história dessa fragmentação poderá ser descoberta pelos registros históricos feitos por diferentes fontes o que envolve a consulta de documentos nem sempre indexados ou públicos. Eventualmente algumas pistas ainda presentes na própria paisagem podem ser seguidas mas nem sempre com um sucesso garantido.

As estradas são construções lineares com direção e sentidos determinados que facilitam o deslocamento de pessoas ou veículos mas que criam um bloqueio para outros organismos que tentam atravessá-las perpendicularmente.

Elas promovem alterações demográficas com conseqüências genéticas em populações pela morte de grande número de indivíduos de algumas espécies que sejam mais susceptíveis de serem mortos no ambiente da estrada.

Elas também estão associadas aos efeitos negativos causados pela fragmentação e degradação dos ecossistemas terrestres e aquáticos. Em muitas partes do mundo a morte, direta ou indireta por atropelamento com veículos, pode ser uma fonte significativa da mortalidade de animais.

Por exemplo, os anfíbios e os répteis de áreas mais úmidas, devido aos movimentos diários ou sazonais para alimentação, termoregulação ou reprodução, acabam sendo vítimas dos impactos causados pelas estradas.

Anfíbios que crescem em lagoas frequentemente encontram estradas durante sua movimentação na paisagem para alcançar locais onde possam se reproduzir ou hibernar. Variações sutis na intensidade do tráfego podem aumentar a mortalidade de certas populações de anfíbios que precisam atravessar estradas e todos estudos de ecologia de paisagem devam considerar medidas associadas com a presença das estradas.

Por outro lado, embora muitas serpentes sejam mortas a cada ano por atropelamento os determinantes de sua vulnerabilidade são pouco conhecidos. Alguns pesquisadores nem acreditam que esses impactos sejam negativos porque eles afetam populações locais apenas onde as taxas de atropelamento sejam maiores do que as de reprodução ou de imigração.

Mas além de contribuir para a morte de organismos e para a fragmentação de hábitats, as estradas e seu tráfego facilitam a dispersão de várias espécies de plantas. Isso é particularmente importante quando se tratam de áreas protegidas por reservas que são invadidas por plantas alóctones.

Os efeitos de borda já foram considerados benéficos para espécies silvestres norte-americanas porque muitas delas aumentaram em bordas de ambientes naturais florestados.

O entorno de uma estrada, a área impactada por ela, é denominado de envelope que serve de ambiente ou hábitat para muitas espécies de organismos terrestres.

DESTRUIÇÃO OU MODIFICAÇÃO DO HÁBITAT

Uma estrada destrói os ambientes por onde passa, tanto pela substituição do sistema original pela própria estrada quanto pela alteração daquele existente na sua borda. Esses efeitos vão desde a alteração da vegetação, passando pela modificação do solo superficial devido aos aterros e pela modificação dos microclimas.

Tanto a superfície da estrada como seu envelope tornam-se muito menos permeáveis a água alterando assim o seu fluxo e o de nutrientes inorgânicos para as plantas. A compactação, aumento da densidade do solo, em todo esse envelope altera profundamente a dinâmica dos organismos que vivem dentro dele .

Se comparado aos ambientes naturais fora do envelope, o microclima também é modificado porque a absorção de calor tende a aumentar, tanto nas estradas de terra (menos quentes) quanto naquelas asfaltadas (muito quentes). Assim, a temperatura média e o vento aumentam com a consequente diminuição da umidade criando um microclima que pode ser similar ao de muitos desertos.

Um outro problema, mais grave ocasionado pela presença de uma estrada principal é que dela acabam saindo outras secundárias das quais saem outras terciárias e assim sucessivamente.

Assim como uma bacia hidrográfica é a área mínima a ser considerada quando se estuda um ecossistema terrestre deveríamos considerar as áreas de impacto das estradas começando pelas principais até formar toda a rede atingida por ela. Um dos exemplos mais marcantes acontecido nas últimas décadas é mostrado pelas sucessivas fotografias feitas por satélites no Estado da Rondônia no Brasil (**FIG. 36**).

A primeira foto da série, feita em 1975 mostra um padrão que é totalmente diferente da última tomada em 2008. Em apenas 34 anos as rodovias principais de ocupação da área foram usadas como cunha de penetração da qual saíram muitas outras sendo o desenho inicial parecido com um esqueleto de peixe que depois vai sendo preenchido até não restar mais nada da vegetação original.

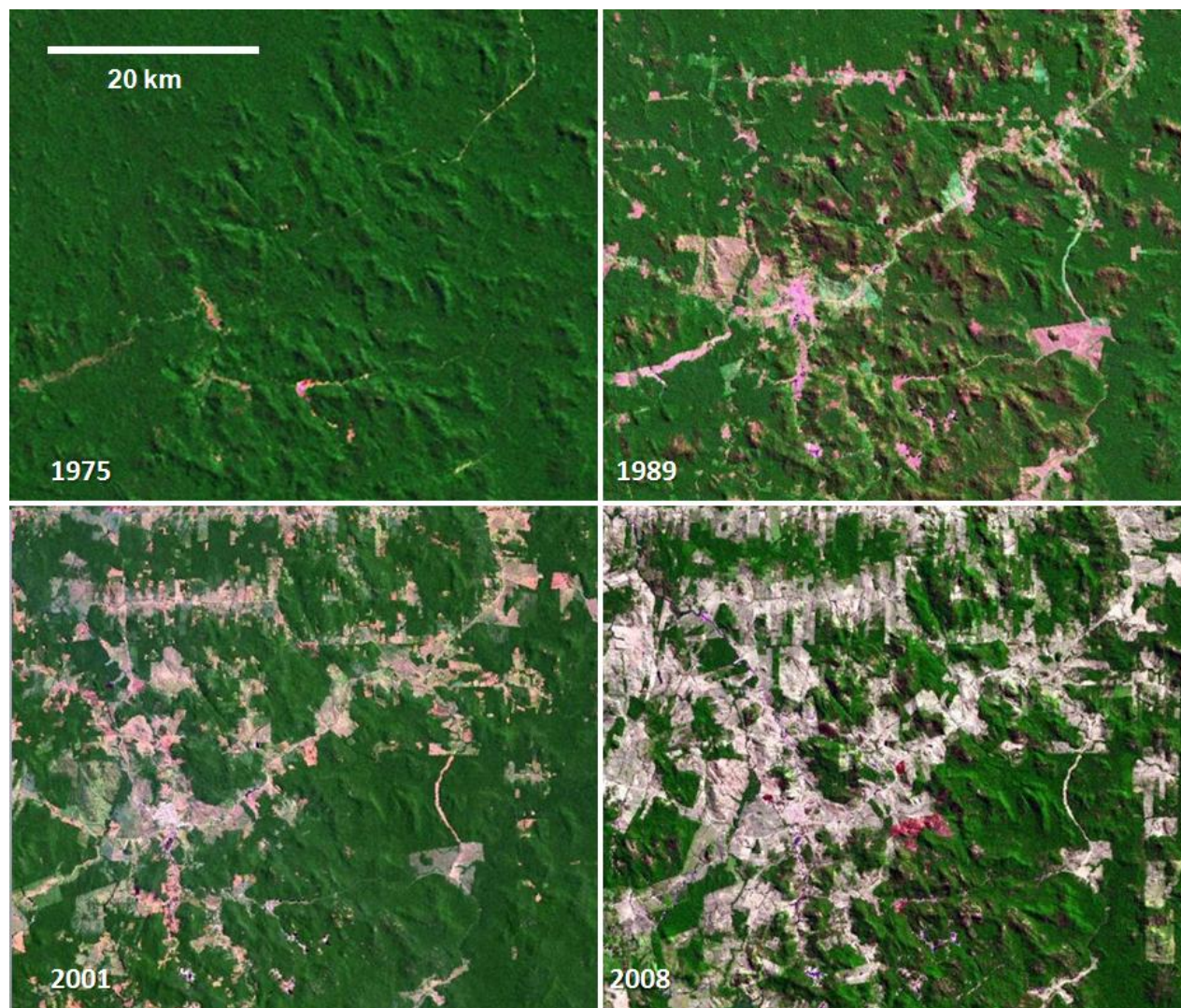



FIGURA 36. Modificações ambientais causadas pela destruição e fragmentação da vegetação nas margens da BR-174, região de Ariquemes, Rondônia entre 1975 e 2008. As manchas vermelhas em 2008 são queimadas. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

O AMBIENTE RUDERAL

Segundo o dicionário Houaiss da língua portuguesa, a palavra ruderal é um adjetivo de dois gêneros e significa (na rubrica: botânica) o que cresce espontaneamente ao redor das habitações humanas, em terrenos baldios, entre detritos etc. (diz-se de espécie ou vegetal). A etimologia deriva do latim científico: *ruderalis*, do latim: *rudèra*, plural de *rudus*, *èris* 'escombros' + sufixo latino: -alis '-al'. Já o Dicionário Michaelis diz que ruderal (pronúncia ru.de.ral) é um adjetivo masculino ou feminino derivado do latim rudere + al) e significa, em botânica, a planta que cresce, de preferência, ao redor das habitações humanas. Nestas duas acepções ruderal está ligado ao ambiente das plantas mas como nelas existirão diferentes tipos de animais associados podemos estender o conceito de ruderalidade ao ambiente como um todo.

As plantas ruderais caracterizam-se pela capacidade de saturar rapidamente ambientes submetidos a impactos antrópicos moderados mas contínuos. Elas foram chamadas pelo professor Aython B. Joly como as "plantas do futuro" no livro “Conheça a vegetação brasileira” publicado em 1970, porque cada vez mais, os ambientes naturais do planeta estavam sendo "humanizados".

As bordas de estradas de terra, mantidas limpas por capina, queimada ou tratamento com herbicidas, são exemplos típicos de comunidades de plantas que são dominadas por espécies ruderais.

Muitas dessas plantas reproduzem-se por sementes, ou seja, são terófitas e têm ciclos anuais sendo muitas delas protegidas por substâncias tóxicas provenientes do metabolismo secundário .

Ambientes ruderais estão cada vez mais presentes no planeta e cada vez que abrimos uma estrada, seja qual for sua magnitude, criamos um novo sistema ruderal.

Se pensarmos no estado de São Paulo, veremos que ele é cruzado por inúmeras auto-estradas de grande porte, por centenas de estradas de menor porte (asfaltadas ou não) e ainda por milhares de diferentes caminhos sendo os mais imperceptíveis aqueles que chamamos de trilhas ou picadas dentro de ambientes naturais, florestados ou não. Em muitas dessas novas bordas criadas por nós a vegetação colonizadora é formada inicialmente por plantas com estratégia ruderal.

Dentro da área urbana das cidades as áreas ainda não urbanizadas ou aquelas abandonadas tendem a se ruderalizar. Em algumas cidades como Santos, esses ambientes são mais raros devido a intensa urbanização mas em outras como São Vicente , Praia Grande, Guarujá ou Cubatão eles ainda são muito numerosos.

Há pesquisadores que acreditam que o que permitiu que algumas plantas e animais se dessem tão bem nesse ambiente agressivo e instável seja devido ?

Em 1977, o botânico J. P. Grime sugeriu que os fatores externos de um ambiente capazes de limitar a produção de biomassa pelas plantas podiam ser classificados em duas categorias.

A primeira é o estresse que consiste nos fatores que restringem a produção com a diminuição das quantidades de água, luz ou nutrientes minerais e fatores que restringem o desenvolvimento como temperaturas abaixo daquelas ótimas.

A segunda são os distúrbios que causam a destruição parcial ou total das plantas e originam-se da atividade bióticas como a de herbívoros, patógenos ou humanas, ou das atividades abióticas como grandes tempestades, furacões, terremotos ou incêndios naturais.

Colocados em uma matriz de 2 x 2 (**Tab. 1**) veremos que das quatro combinações possíveis só três possibilitam a existência de hábitats viáveis para plantas.

Alguns dos ambientes terrestres mais produtivos do planeta incluem as terras cultivadas que, geralmente, têm o solo recoberto por pouca vegetação. Isto é devido a destruição total ou parcial feita pelo agricultor de tempos em tempos para fazer a colheita ou retirar competidoras indesejáveis.

Assim, a quantidade de biomassa de plantas em qualquer momento no tempo dependerá do balanço entre o processo de produção e esse processo de destruição. Mesmo dentro de um ambiente de área relativamente pequena, esse processo de produção-destruição poderá ser bem heterogêneo, tanto no espaço quanto no tempo.

Além disso, tanto o tipo quanto a intensidade do distúrbio diferirão em relação à sua capacidade de selecionar organismos. Enquanto os efeitos dos herbívoros e decompositores tendem, respectivamente, a ficarem restritos ao material vivo ou morto, outros distúrbios como o causado pelo fogo poderão afetar esses dois componentes da vegetação.

Geralmente haverá uma correlação inversa entre o grau de seletividade e o da intensidade do distúrbio que pode ser exemplificado num extremo pela descriminação no nível molecular entre os constituintes do folhiço pelos decompositores e, no outro, e pela destruição total da vegetação com a conseqüente erosão severa do solo.

Um outro aspecto que deve ser levado em conta é o da permanência ou remoção da matéria orgânica morta após um distúrbio antrópico como a capina. A matéria orgânica morta sobre o solo delimitará cenários diferentes se ela for retirada integralmente ou não.

Como o estresse da vegetação depende da intensidade do impacto que ela sofra em ambientes potencialmente produtivos, um distúrbio de intensidade baixa irá modificar o balanço da competição entre as espécies de plantas. Com isso, as plantas ruderais foram sendo selecionadas e adaptadas para explorar os hábitats temporariamente favoráveis entre episódios de impactos severos e persistentes.

TABELA 1. Bases por sugeridas Grime em 1977 para a evolução das estratégias ecológicas de plantas vasculares.

	Intensidade do estresse	
Intesidade do distúrbio	BAIXA	ALTA
BAIXA	COMPETITIVA	TOLERANTE AO ESTRESSE
ALTA	RUDERAL	🚫

CARACTERÍSTICAS DA ESTRADA ESTUDADA

A largura da estrada varia entre 3 e 5 m dependendo do trecho. Em alguns a borda é muito estreita ou mesmo inexistente como nos trechos muito próximos da Serra do Morrão onde o barranco é a borda de um dos lados e a encosta a borda do outro (**FIG. 103-105; 108-109**). Em outros trechos ela pode ser bastante larga atingindo mais de 50 m, muitas vezes sendo delimitada apenas pela cerca de uma propriedade (**FIG. 96-98**). Uma outra razão da variação da largura da borda da estrada é que a vegetação da borda pode crescer rapidamente após períodos de mais de três dias de chuva de chuva durante o verão ou primavera.

O piso da estrada é de terra na sua maior parte mas existem resquícios de um recapeamento de concreto antigo (**FIG. 122**). Como a pluviosidade é alta em alguns trechos formam-se muitas poças de água (**FIG. 59; 64; 73; 74;108**) que fazem com que o microclima seja alterado. Algumas dessas poças são quase permanentes porque são alimentadas por filetes de água vinda de nascentes da serra (**FIG. 111-112**). Na época mais seca de inverno as poças de lugares abertos secam rapidamente com exceção dessas alimentadas pelas nascentes.

Nos trechos mais sombrios essas poças ficam quase sempre com água enquanto naqueles mais abertos elas acabam secando depois de um período de seca de mais de 5-10 dias dependendo de seu tamanho e profundidade.

Dependendo da época do ano e do dia da semana, o movimento de veículos nessa estrada é muito baixo. Ele só aumenta durante as férias e finais de semana ou feriados dado que muitas pessoas procuram a represa no final da estrada para atividades de lazer. O volume dessas vistas pode ser avaliado pela quantidade de lixo acumulada na caçamba que fica disponível para armazenar o lixo dos visitantes (**FIG. 185**).

Em muitos trechos a vegetação ruderal tende a formar uma escada com as plantas herbáceas de menor altura mais próximas da estrada e as arbustivas ou arbóreas mais distantes dela (**FIG. 36**).

FIGURA 36. A escada formada pelos diferentes níveis da vegetação das bordas da estrada.

2,00 m

0,50 m

0 m

A estrada apresenta um gradiente de distúrbio em suas bordas que é maior nos primeiros cinco quilômetros e vai diminuindo até o final que afeta a riqueza das comunidades de borboletas ao longo dele.

Em alguns trechos onde as condições topográficas e o nível de impacto são específicos a comunidade pode ser muito rica em um determinado momento e depois se tornar muito pobre devido às rápidas alterações antrópicas.

Um trecho onde isso pode ser observado ao longo de cinco anos, de 2005 a 2009, é o trecho do duto subterrâneo da Petrobras (**FIG. 41-43**). Nesse intervalo de tempo a vegetação do local variou bastante. Algumas vezes com predomínio do lírio-do-brejo outras com predomínio de *Solanum* sp. Sempre com diferentes quantidades de *Bidens alba* e de *Asclepias curassavica*.

Para facilitar a localização das observações de vários trabalhos que tem sido desenvolvidos ao longo da estrada ela foi mapeada com GPS e conferida com um mapa digital da Prefeitura Municipal de Santos. Ela foi dividida em segmentos de 100 m que depois puderam ser juntados em segmentos maiores de 500 m ou 1.000 m, dependendo da finalidade do trabalho biológico desenvolvido.

Cada segmento de 500 m apresentou características próprias que afetaram as espécies de borboletas presentes, alguns negativamente e outros positivamente.

Esses segmentos com suas características mais importantes serão mostradas a seguir.

A VEGETAÇÃO AO LONGO DA BORDA RUDERAL DA ESTRADA

Toda a área de estudo está no bioma de floresta pluvial tropical da Mata Atlântica. Pela classificação brasileira atual, a vegetação original era de floresta sub-montana nas encostas ou de áreas com influência flúvio-marinha, incluindo restinga e manguezal nas áreas de planícies. Hoje essas florestas estão reduzidas a fragmentos secundarizados com abundância de melastomatáceas e piperáceas.

De maneira geral, a vegetação das comunidades vegetais das bordas são arquitetonicamente mais simples do que aquelas de florestas porque nas bordas geralmente faltam os estratos formados por plantas arbóreas de porte médio a grande.

Nas bordas, as plantas com flor são extremamente importantes para as borboletas nectarívoras e algumas espécies são as únicas fontes de recurso alimentar para elas.

Das 15 espécies de plantas mais comuns na borda ruderal das estrada ao longo da margem direita do Rio Quilombo algumas estão floridas o ano todo (**FIG. 37**). O período de maior concentração de floração é o outono quando mais de 90% delas está florida. Todas essas espécies têm um porte herbáceo ou arbustivo embora algumas menos comuns sejam árvores .

Algumas das espécies de plantas das bordas também são recursos alimentares para larvas de várias espécies de borboletas que podem se alimentar de suas folhas, flores ou frutos. Estes últimos, quando caídos e muito fermentados podem ser usados também por algumas espécies de borboletas frugívoras (**FIG. 100-101; 263**).

Outras espécies são importantes porque fornecem um substrato onde as borboletas adultas pousam para termoregular ou acasalar (**FIG. 221; 228**).

VERÃO OUTONO INVERNO PRIMAVERA

JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ

Bidens alba
Bidens pilosa
Asclepias curassavica
Austroeupatorium inulaefolium
Chromolaena laeve
Chromolaena laevigatum
Vernonia beyrichii
Vernonia scorpioides
Mikania micrantha
Mikania cordifolia
Mikania lundiana
Elephantopus mollis
Wedellia paludosa
Impatiens walleriana
Stachytarpheta cayenensis

7 14 12 7

FIGURA 37. As 15 espécies de plantas com flor mais comuns na borda ruderal da estrada e que são usadas por borboletas mostrando a fenologia da floração.

SEGMENTO 1 [0000-0500 m]
(FIG. 38)

Trecho que sai entre os km 258-259 da rodovia Cônego Domênico Langoni (Pissagüera-Guarujá) na pista sentido Cubatão) (**FIG. 38; 39 A-C**).

A borda é regularmente alterada devido ao corte por moradores e equipes da Petrobrás que fazem a manutenção dos dutos subterrâneo de transporte de etileno (**FIG 38**; linha vermelha; **FIG. 40-43**).

Uma linha de alta tensão com seis cabos também passa nesse trecho (**FIG. 38**; linha azul). A serra do Morrão fica sempre próxima da borda esquerda da estrada. Trecho com orientação geral de 240° (**FIG. 38;** indicada pela linha pontilhada amarela).

Existe um pequeno aglomerado de casas logo nos primeiros 100 m.

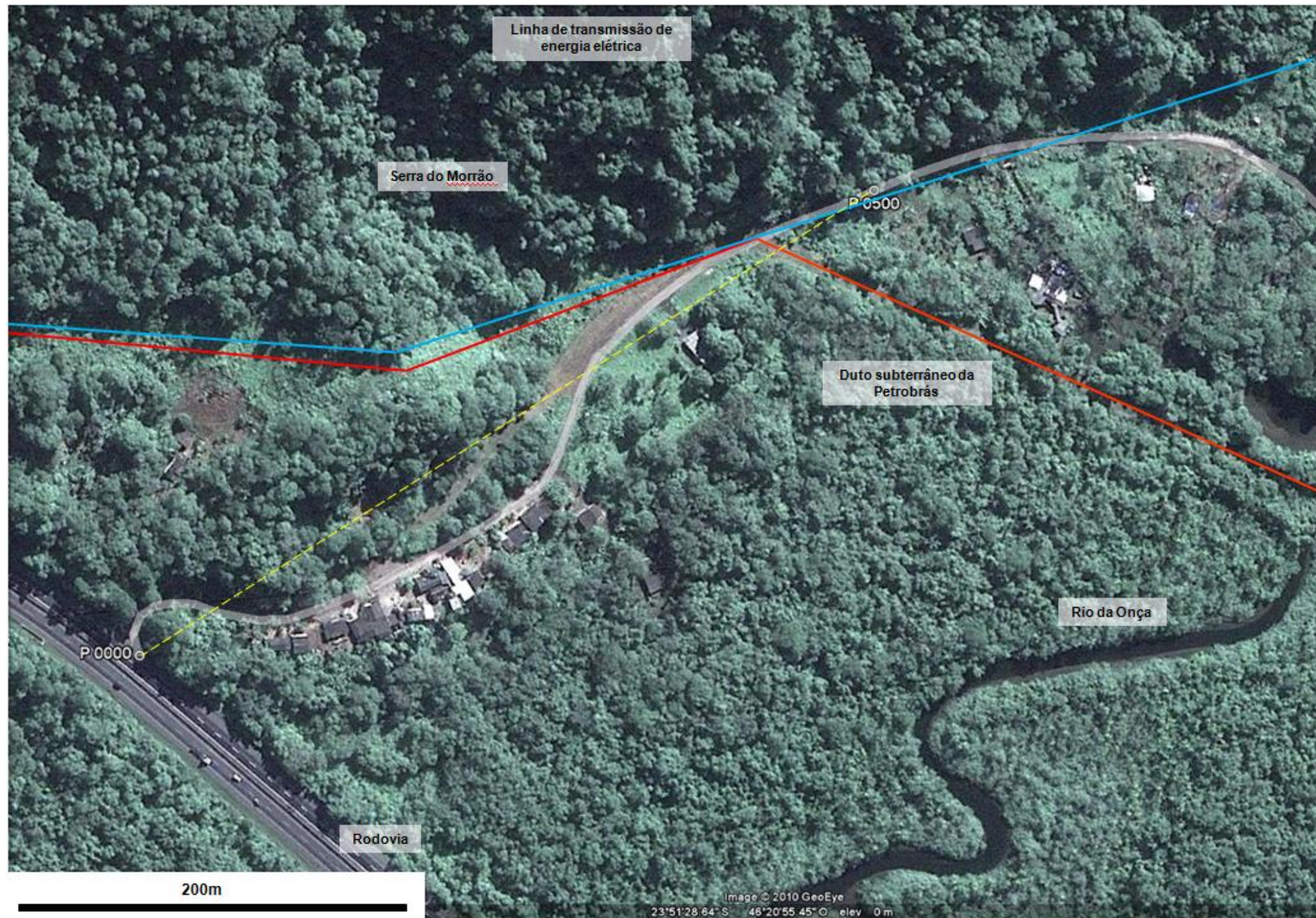



FIGURA 38. Foto aérea do segmento 1. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

A

B

C

FIGURA 39. (**A-B**) As setas amarelas indicam a entrada da estrada enfocada neste livro e que sai da rodovia Pissagüera-Guarujá, entre os km 258-259, percorrendo uma parte da margem direita do Rio Quilombo. (**C**) O mesmo trecho da figura 3 visto no sentido da rodovia Pissagüera-Guarujá.

FIGURA 40. Trecho 400 -500 m onde a estrada passa sob a linha de alta tensão. A área dos dutos da Petrobras está a esquerda e a entrada para a continuação deles à direita está indicada pela seta.

Foto RBF 25JUL2008 RBF 6498-95.

Foto RBF 15JUL2008 6422

FIGURA 41. Área dos dutos da Petrobras mantida com vegetação permanentemente baixa para permitir a manutenção.

FIGURA 42. Devido ao corte periódico da vegetação esse ponto tem apresentado uma enorme variação da vegetação e das espécies dominantes. Compare a foto (**A**) de março de 2010 com a foto (**B**) de julho de 2008.

MAI2005

MAR2010

JUN2009

FIGURA 43. Trecho da estrada entre os pontos 0400-0500 m mostrando as diferenças da vegetação em regeneração, durante um evento de corte. Os blocos de concreto (amarelos) indicam o duto subterrâneo da Petrobrás. O detalhe de um dos blocos de concreto mostra o recobrimento de liquens e musgos e um arbusto de gervão que estava crescendo em julho de 2009.
Também a área indicada pela seta é mantida constantemente sem vegetação alta devido à presença da linha de alta-tensão.

JUL2009

MAR2010

Nesta área existem muitas plantas herbáceas e rasteiras. Uma relativamente comum nesse trecho é *Acmella uliginosa* (Asteraceae) (**FIG. 44**) mas muito pouco visitada por borboletas. Já *Emilia fosbergii* (Asteraceae; **FIG. 45**) é mais visitada por borboletas mas é pouco comum nesse trecho.

Um dos jardins naturais formados na borda da estrada formado por plantas do lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*; Zingiberaceae) entremeadas por plantas de *Bidens alba* (Asteraceae) e *Impatiens walleriana* (Polemoniaceae) (**FIG. 46**) .

Outra herbácea rasteira comum em solo úmido é *Marsypianthes chamaedrys* (Lamiaceae = Labiatae; **FIG. 47**) que é procurada principalmente por *Anartia amathea roeselia* e por *Tegosa claudina*.

FIGURA 44. Uma planta herbácea e rasteira comum nesse trecho é *Acmella uliginosa* (Asteraceae) mas muito pouco visitada por borboletas.

JUN2008

SET2005

FIGURA 45. Outra planta herbácea não tão comum ao longo da estrada é *Emilia fosbergii* (Asteraceae) que já é mais visitada por borboletas.

JUL2008

SETI2004

FIGURA 46. Um dos jardins naturais formados na borda da estrada formado por plantas do lírio-do-brejo (*H. coronarium*) entremeadas por plantas de *Bidens alba* e *Impatiens walleriana*.

Foto RBF 07MAI2009 0407.

FIGURA 47. Outra herbácea rasteira comum em solo úmido é *Marsypianthes chamaedrys* (Lamiaceae = Labiatae) que é procurada principalmente por *Anartia amathea roeselia* e por *Tegosa claudina*.

Foto RBF 08SET2005 9414.

SEGMENTO 2 [0500-1000 m]
(FIG. 48)

Neste trecho ainda há a influência da linha de alta tensão com seis cabos (**FIG. 48**; linha azul). Como a Serra do Morrão fica próxima da borda esquerda da estrada alguns trechos estão sendo usados para plantação de mandioca. Trecho com orientação geral de 260° (**FIG. 48**; indicada pela linha pontilhada amarela).

É possível ver as diferenças entre as fotos aéreas de 2003 e 2009. Nesta última aparecem construções que não estavam presentes em 2003 (**FIG. 49**) e, em outra escala, da borda no ponto 500 m (**FIG. 50**).

Eventos de corte para limpeza da borda são relativamente comuns e feitos quando a vegetação começa a ficar alta demais (**FIG. 51**).

Neste trecho, no inverno de 2005, foi possível um trabalho de ecologia populacional da borboleta *Anartia amathea roeselia* quando foram marcados mais de 500 indivíduos dessa espécie. Isso só foi possível devido a grande quantidade de flores de *Bidens alba* que ficaram disponível durante um período de quase três meses até serem novamente cortadas (**FIG. 52-53**).

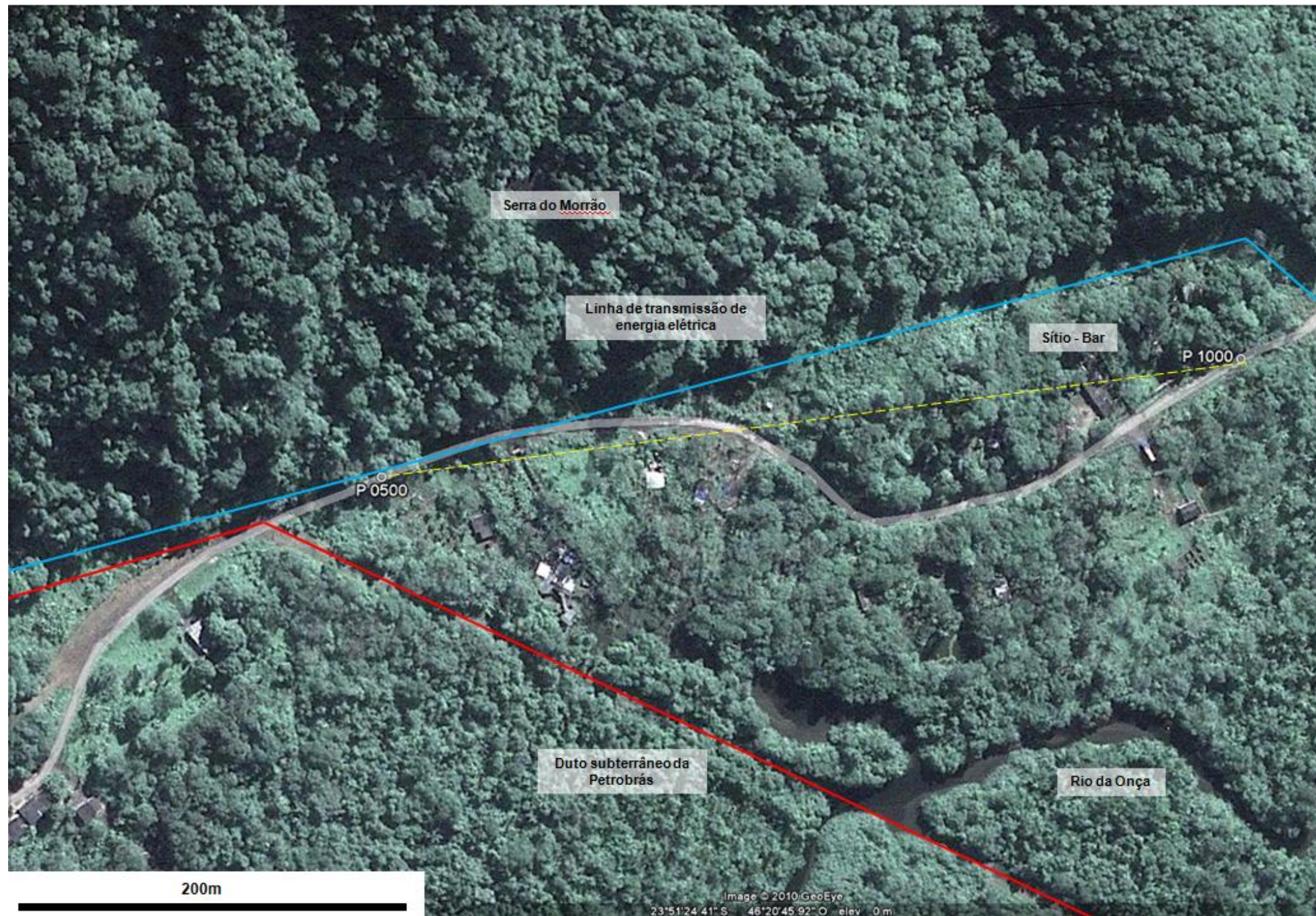



FIGURA 48. Foto aérea do segmento 2. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

FIGURA 49. Diferenças observadas nas fotos de junho de 2003 e junho de 2009 indicadas pelos círculos vermelhos. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

FEV2006

MAR2010

FIGURA 50. Diferenças observadas nas fotos de fevereiro de 2006 e março de 2010 no ponto 500 m.

MAI2008

JUN2005

FIGURA 51. Trecho 0600-0700m, antes e depois de um evento de corte.

JUN2005

FIGURA 52. Trecho, no inverno de 2005, onde foi possível fazer um trabalho de ecologia populacional da borboleta *Anartia amathea roeselia* quando foram marcados mais de 500 indivíduos dessa espécie. Isso só foi possível devido a grande quantidade de flores de *Bidens alba* que ficaram disponível durante esse período.

FIGURA 53. Foto tirada do ponto 0700m para o 0600m.

SEGMENTO 3 [1000-1500 m]
(FIG. 54)

Aqui a Serra do Morrão começa a ficar mais afastada da borda esquerda da estrada que tem uma orientação geral de 250° (**FIG. 54;** indicada pela linha amarela).

Entre os pontos 1300-1400m sai uma estrada lateral do lado direito que vai até o Rio da Onça.

Uma planta muito comum ao longo da estrada é *Boehmeria caudata* (Urticaceae; **FIG. 55**). As plantas desenvolvidas têm porte arbóreo e podem ter até 5 m de altura. É uma das espécies arbóreas não plantadas mais comuns na borda da estrada sendo encontrada em quase todos os segmentos. Suas flores verdes estão dispostas em inflorescências e não são visitadas por insetos mas suas folhas podem ser usadas por larvas de diferentes grupos de insetos. Floresce no verão.

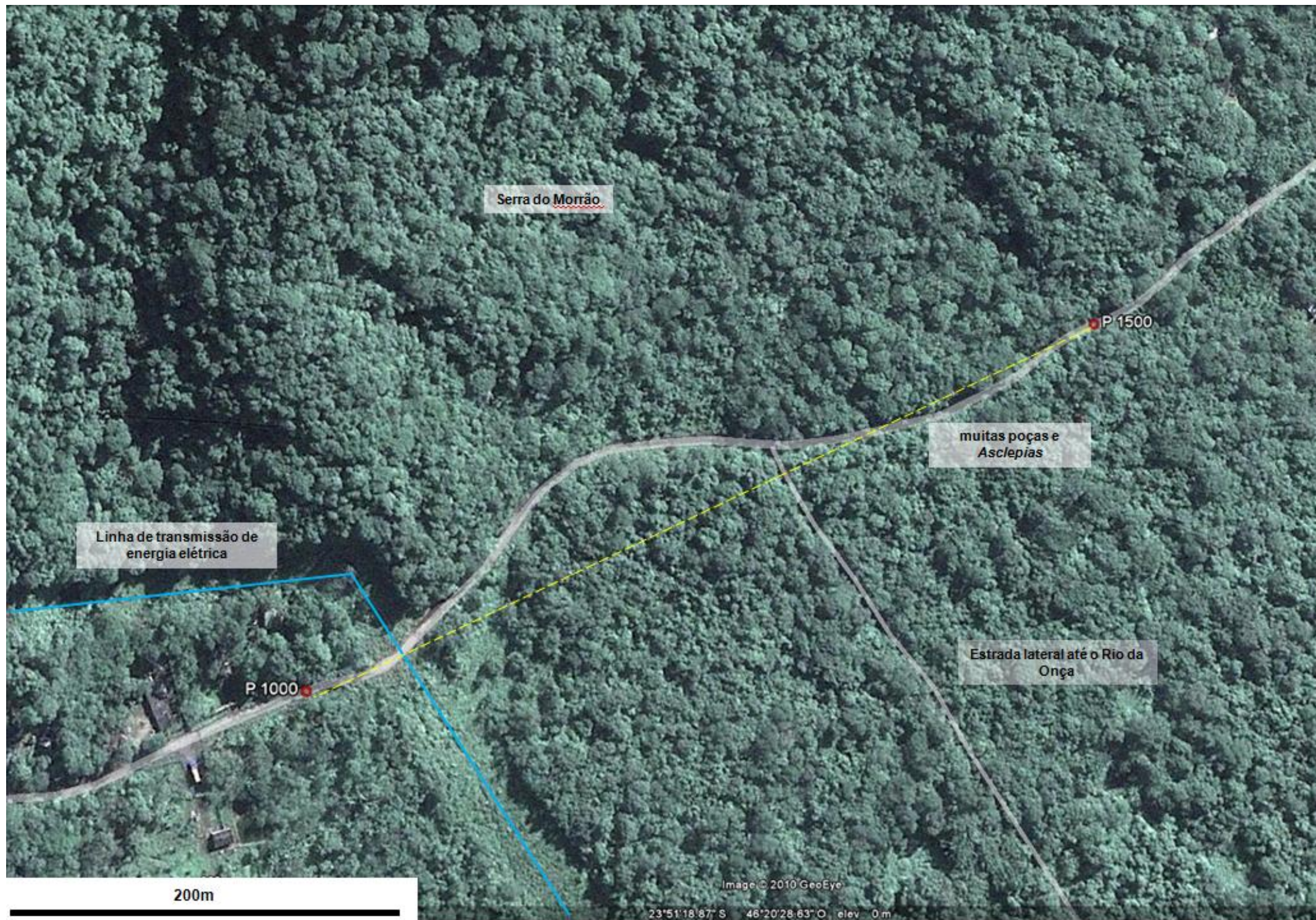



FIGURA 54. Foto aérea do segmento 3. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

A

FIGURA 55. Uma planta muito comum ao longo da estrada é *Boehmeria caudata* (Urticaceae). As plantas desenvolvidas têm porte arbóreo e podem ter até 5m de altura. É uma das espécies arbóreas não plantadas mais comuns na borda da estrada sendo encontrada em quase todos os segmentos. Suas flores verdes estão dispostas em inflorescências e não são visitadas por insetos mas suas folhas podem ser usadas por larvas de diferentes grupos de insetos. Floresce no verão.

(**A**) Detalhe da inflorescência com flores abertas em janeiro de 2010. (**B**) Arbusto grande com inflorescências secas em abril de 2008.

B

SEGMENTO 4 [1500-2000 m]
(FIG. 56)

Trecho com vários sítios mais antigos com áreas sem vegetação natural que foi substituída por construções, jardins e plantações de mandioca. Nele, a serra do Morrão já fica mais afastada da borda esquerda da estrada.

Trecho com orientação geral de 230° (**FIG. 56**; indicada pela linha amarela).

Entre 2003 e 2009 apareceram muitas construções novas no trecho (**FIG. 57-58**). Por isso a alteração das bordas neste trecho é bastante alta (**FIG. 59**) sendo que em pelo menos um local parece estar sendo usado herbicida para queimar a vegetação da borda.

FIGURA 56. Foto aérea do segmento 4. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

FIGURA 57. Diferenças observadas nas fotos de junho de 2003 e junho de 2009. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

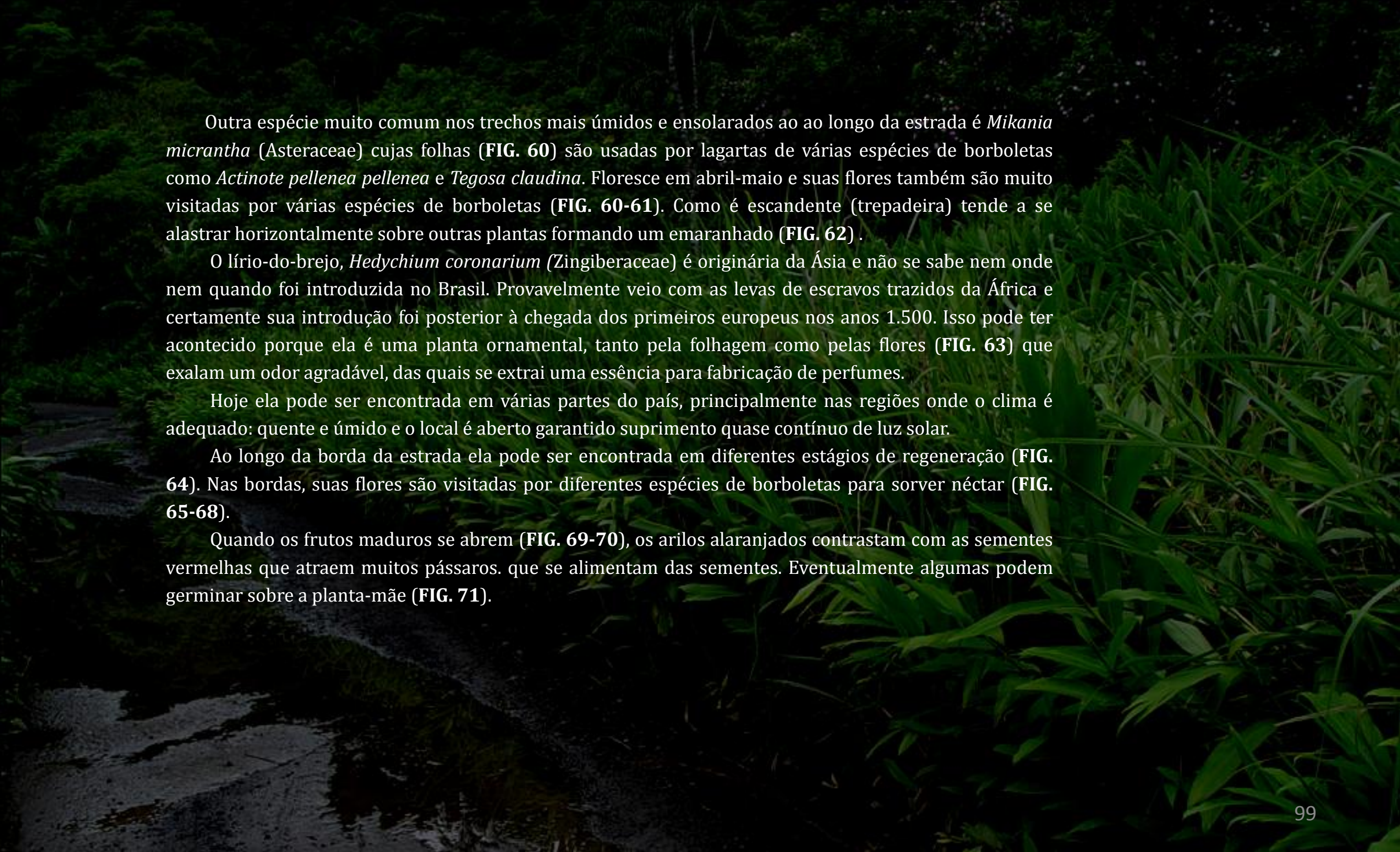



FIGURA 58. Algumas das construções observadas no trecho 1500 – 2000 m em maio de 2005. Fotos Mauro Francisco Peres da Silva.

ABR2008

MAI2005

FIGURA 59. Área do jardim antes do sítio no ponto 1700 m, com grandes poças e lírio-do-brejo do lado esquerdo e um jardim do lado direito. No lado direito entremeado com plantas de *Bidens alba* e *Asclepias curassavica.*

Outra espécie muito comum nos trechos mais úmidos e ensolarados ao ao longo da estrada é *Mikania micrantha* (Asteraceae) cujas folhas (**FIG. 60**) são usadas por lagartas de várias espécies de borboletas como *Actinote pellenea pellenea* e *Tegosa claudina*. Floresce em abril-maio e suas flores também são muito visitadas por várias espécies de borboletas (**FIG. 60-61**). Como é escandente (trepadeira) tende a se alastrar horizontalmente sobre outras plantas formando um emaranhado (**FIG. 62**) .

O lírio-do-brejo, *Hedychium coronarium (*Zingiberaceae) é originária da Ásia e não se sabe nem onde nem quando foi introduzida no Brasil. Provavelmente veio com as levas de escravos trazidos da África e certamente sua introdução foi posterior à chegada dos primeiros europeus nos anos 1.500. Isso pode ter acontecido porque ela é uma planta ornamental, tanto pela folhagem como pelas flores (**FIG. 63**) que exalam um odor agradável, das quais se extrai uma essência para fabricação de perfumes.

Hoje ela pode ser encontrada em várias partes do país, principalmente nas regiões onde o clima é adequado: quente e úmido e o local é aberto garantido suprimento quase contínuo de luz solar.

Ao longo da borda da estrada ela pode ser encontrada em diferentes estágios de regeneração (**FIG. 64**). Nas bordas, suas flores são visitadas por diferentes espécies de borboletas para sorver néctar (**FIG. 65-68**).

Quando os frutos maduros se abrem (**FIG. 69-70**), os arilos alaranjados contrastam com as sementes vermelhas que atraem muitos pássaros. que se alimentam das sementes. Eventualmente algumas podem germinar sobre a planta-mãe (**FIG. 71**).

FIGURA 60. Outra espécie muito comum nos trechos mais úmidos e ensolarados ao ao longo da estrada é *Mikania micrantha* (Asteraceae) cujas folhas (**A**) são usadas por lagartas de várias espécies de borboletas como *Actinote pellenea pellenea* e *Tegosa claudina*. Floresce em abril-maio e suas flores (**B**) também são muito visitadas por borboletas como o licenídeo (**C**).

A

B

Foto RBF 25MAI2008 6341.

C

Foto RBF 09ABR2009 8675.

Foto RBF 25ABR2006 0296.

A

B

FIGURA 61. Também as borboletas *Hypanartia bella* (**A**) e *Actinote brylla* (**B**) procuram as flores de *Mikania micrantha*. Como ela é trepadeira (escandente) acaba se espalhando sobre outras espécies formando um complexo de plantas diferentes interligadas por ela e outras trepadeiras (FIG. 61; página seguinte).

Foto RBF 31MAR2005 DSC 005.

Foto RBF 09ABR2009 8633.

FIGURA 62. Plantas de *Mikania micrantha* crescendo sobre plantas de lírio-do-brejo.

Foto RBF 17MAR2010 PRO1/0003.

NOV2003

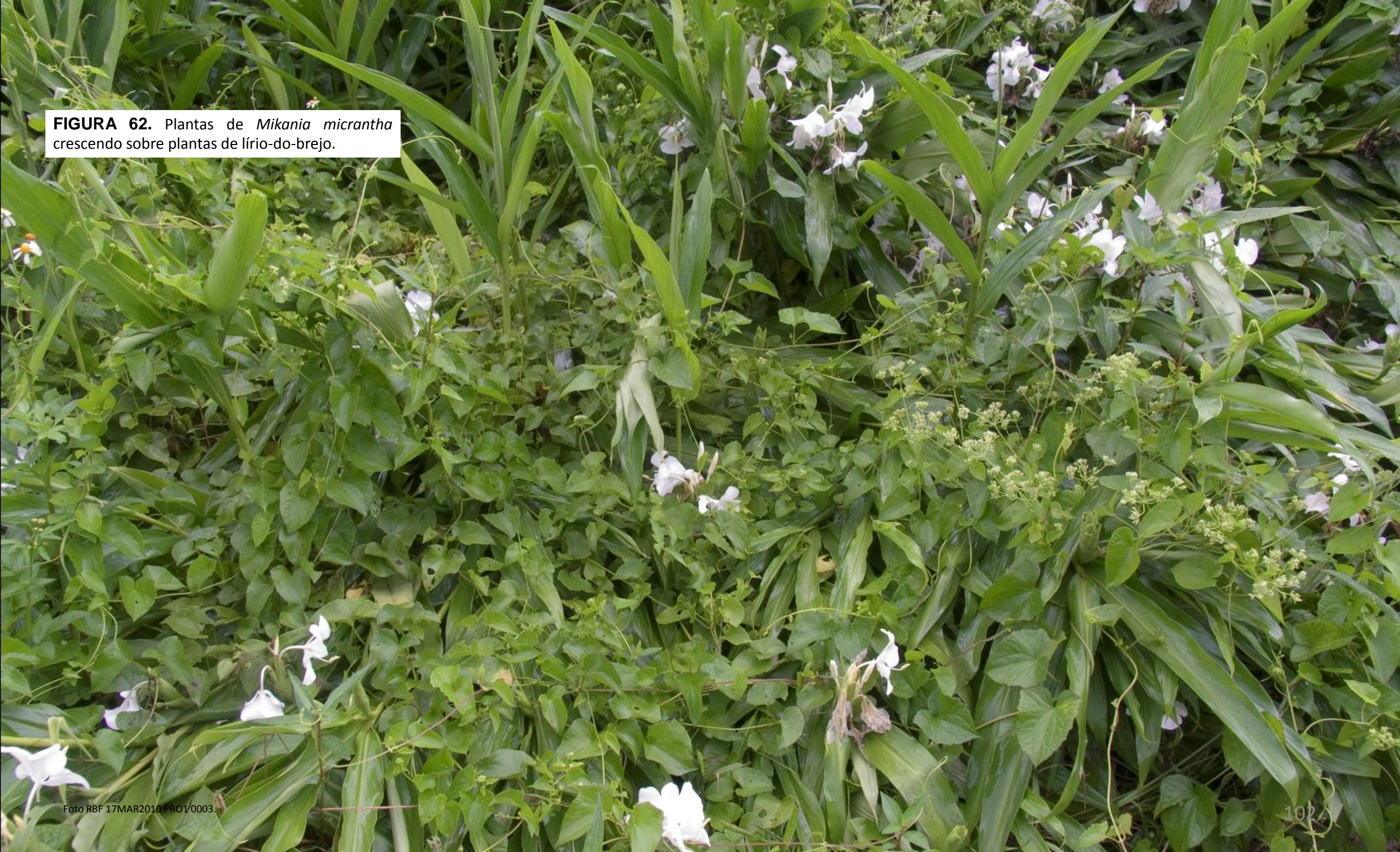



FIGURA 63. Detalhes das flores do lírio-do-brejo.

JAN2004

NOV2003

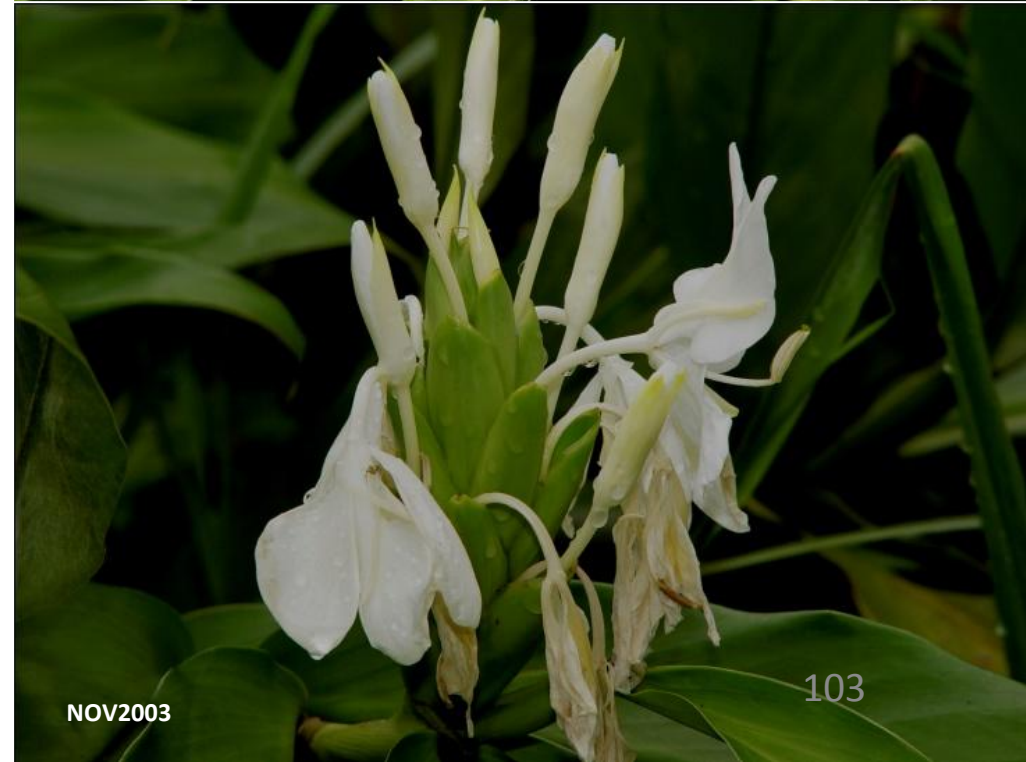



FIGURA 64. Grupo de plantas do lírio-do-brejo no trecho 2000 m.

NOV2003

A
ABR2006

B
MAI2008

C
ABR2006

D
5MAI2008

E
MAI2008

F
ABR2003

G
ABR2006

FIGURAS 65. Flores do lírio-do-brejo sendo visitadas por diferentes espécies de borboletas.

FIGURAS 66. Flores do lírio-do-brejo sendo usada como superfície de pouso e fonte de umidade pela borboleta biblidínea *Eunica maja maja*.

ABR2006

JUN2008

JUN2008

FIGURAS 67-68 (página seguinte). Como as borboletas hesperídeas têm espirotrombas muito longas, elas conseguem extrair líquidos de pontos pouco acessíveis para as outras com essa estrutura mais curta.

JUN2008

FIGURA 69. Frutos verdes em uma planta de lírio-do-brejo com apenas um maduro que está se abrindo.

MAI2008

A

AGO2007

B

MAI2008

C

JUN2004

D

MAI2008

E

JUN2004

FIGURA 70. (**A-D**) Frutos maduros abertos mostrando o arilo alaranjado e as sementes vermelho-vivo. (E) Sementes espalhas após repasto de pássaro.

MAI2004

JUL2003

FIGURA 71. Mesmo quando não são dispersas por aves, as sementes podem germinar sobre a própria planta-mãe.

SEGMENTO 5 [2000-2500 m]
(FIGURA 72)

Trecho que ainda tem vários sítios mais antigos e onde a estrada é atravessada por dois pequenos riachos que deságuam no Rio Quilombo.

Trecho com orientação geral de 210° (**FIG. 72**; indicada pela linha amarela).

Neste trecho existem alguns pontos mais sombrios e a presença de borboletas é apenas transitória.

Também aqui, os eventos de corte são sempre intensos (**FIG. 73-74**).

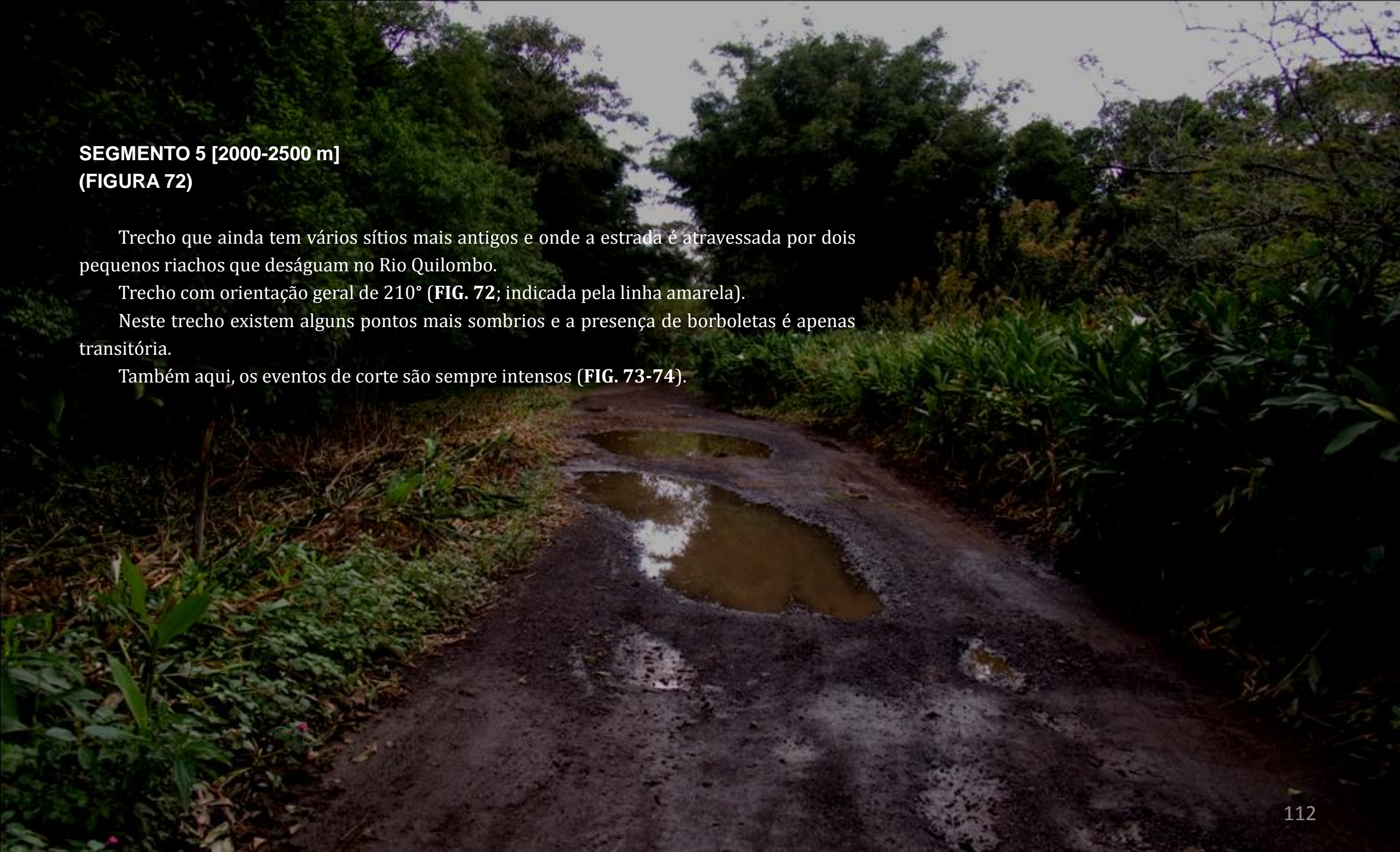
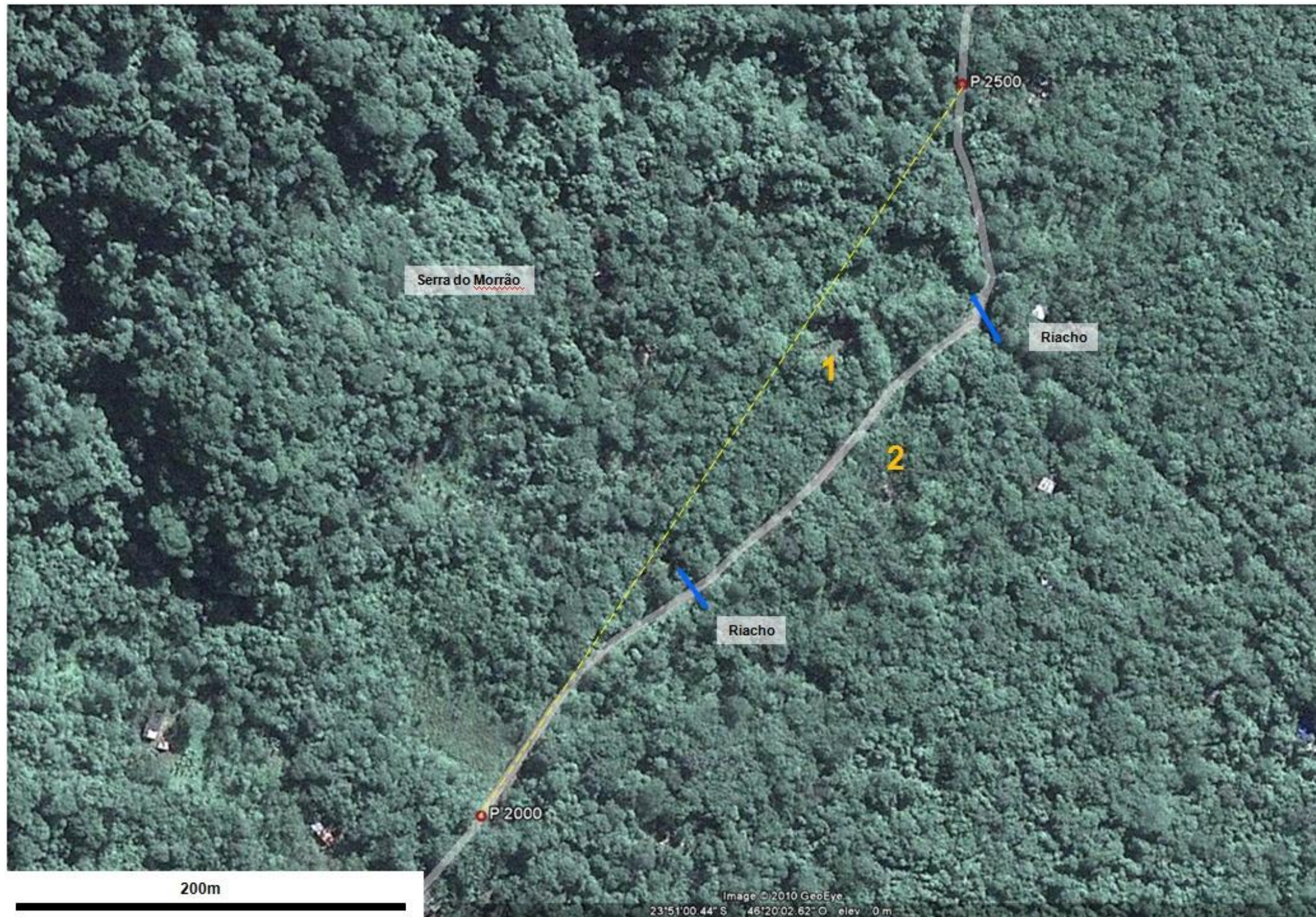



FIGURA 72. Foto aérea do segmento 5. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

MAI2008

FIGURA 73. Aspecto da estrada no trecho 2300 – 2400 m mostrando o corte da borda do lado esquerdo (**A**) e do lado direito (**B**).

MAI2008

Foto RBF 26MAI2005 0124.

FIGURA 74. Área com grandes poças que se mantém desde 2002 com lírio-do-brejo dos dois lados. No lado direito entremeado com plantas de *Asclepias curassavica.*

Uma planta muito procurada por borboletas no outono é *Vernonia beyrichii* Less (Asteraceae).

As plantas adultas de *Vernonia beyrichii* são arbustivas e podem chegar a 3,0 m de altura. Elas são estritamente de borda e áreas abertas e formam grupos (**FIG. 75**) que podem ter dezenas de indivíduos em manchas muito grandes. Seu hábitat deve ser aberto com o solo bastante úmido sendo comum junto com o lírio-do-brejo.

As inflorescências rosadas (**FIG. 75**) exalam um perfume forte que acaba sendo enjoativo para muitas pessoas. Suas flores atraem uma grande quantidade de insetos tanto os nectarívoros quanto os predadores destes e essas inflorescências ficam repletas de insetos numa verdadeira orgia do néctar (**FIG. 76**).

A floração ocorre no meio do outono (abril-maio) quando as plantas alocam toda sua energia para produzir flores. Após a floração, as estruturas que suportam os aquênios formados ficam visíveis durante muitas semanas até serem decompostas. Como os caules das vernonias são flexíveis eles eram usados no passado para fazer espetos para assar peixes daí um de seus nomes populares "assa-peixe".

Foto RBF 23ABR2008 6246-21
Foto RBF 23ABR2008 6246.

FIGURA 75. Borda com um grupo de plantas de *Vernonia beyrichii.* mostrando, no detalhe, uma inflorescência sendo visitada por uma borboleta *Heliconius sara apseudes.*

R.B.Francini - 2010

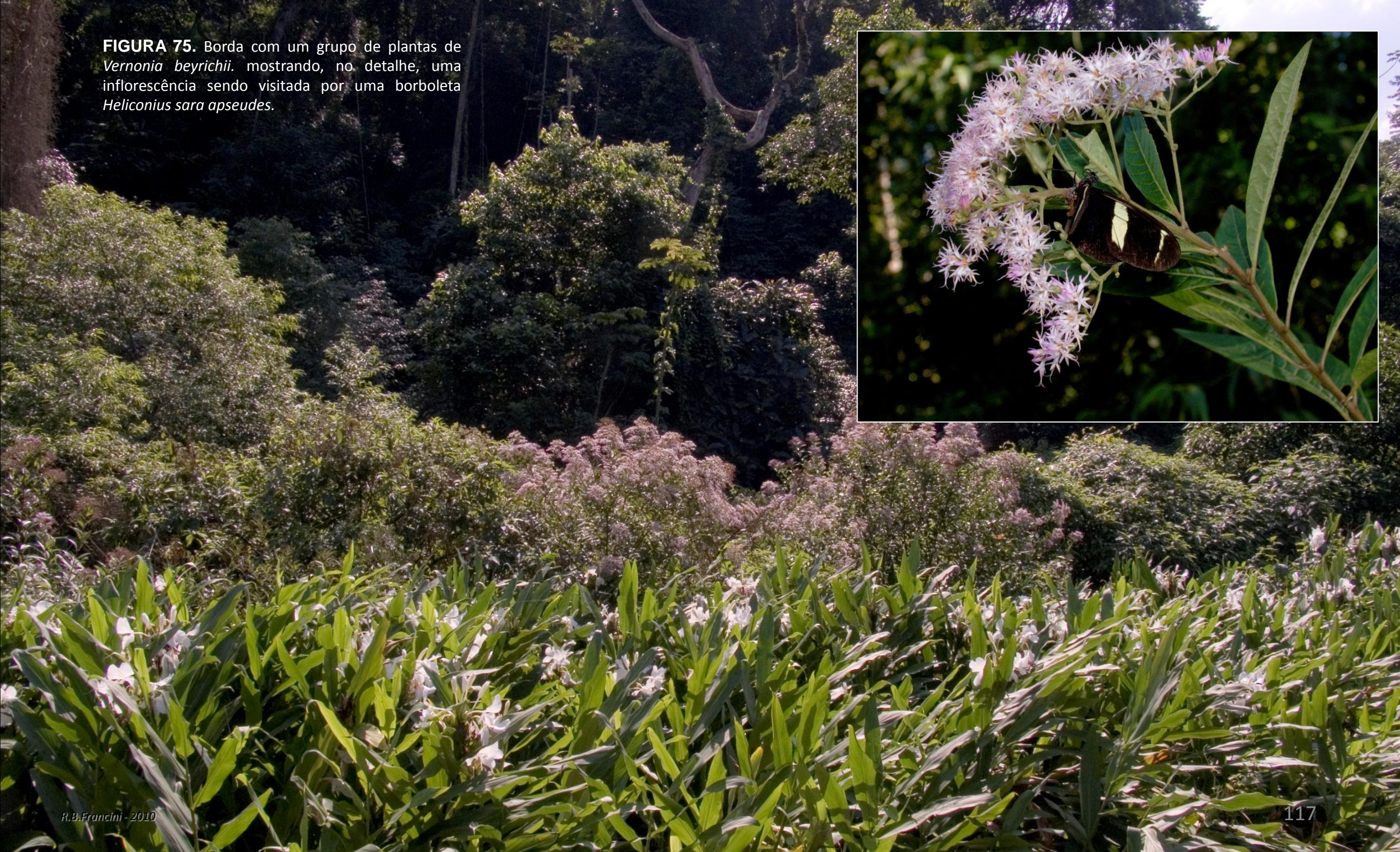
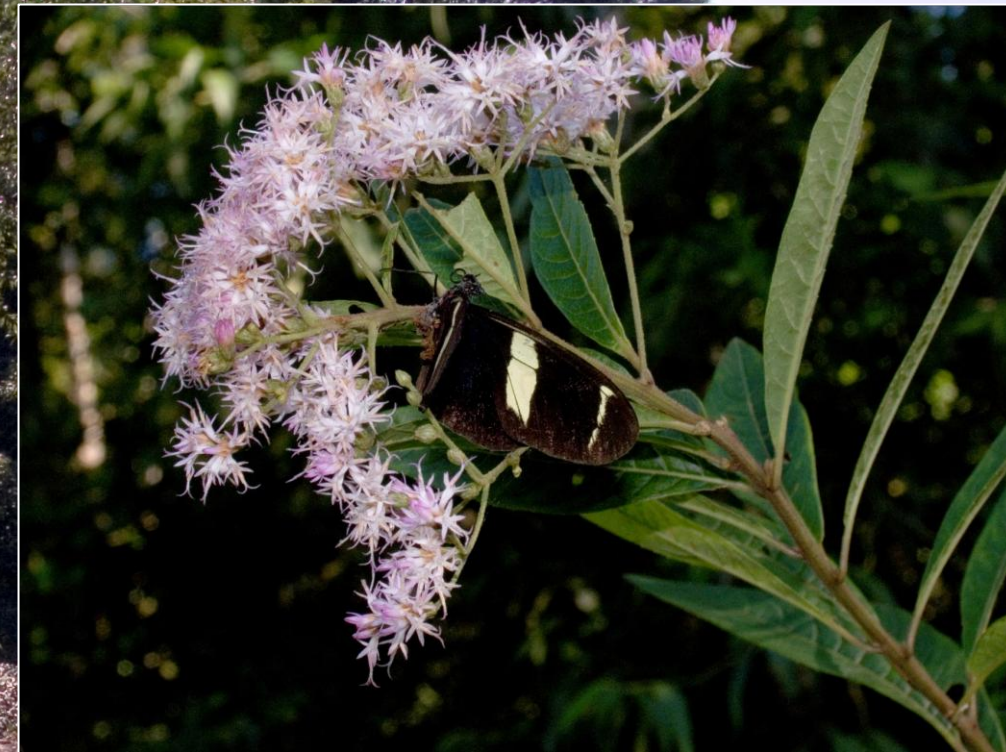
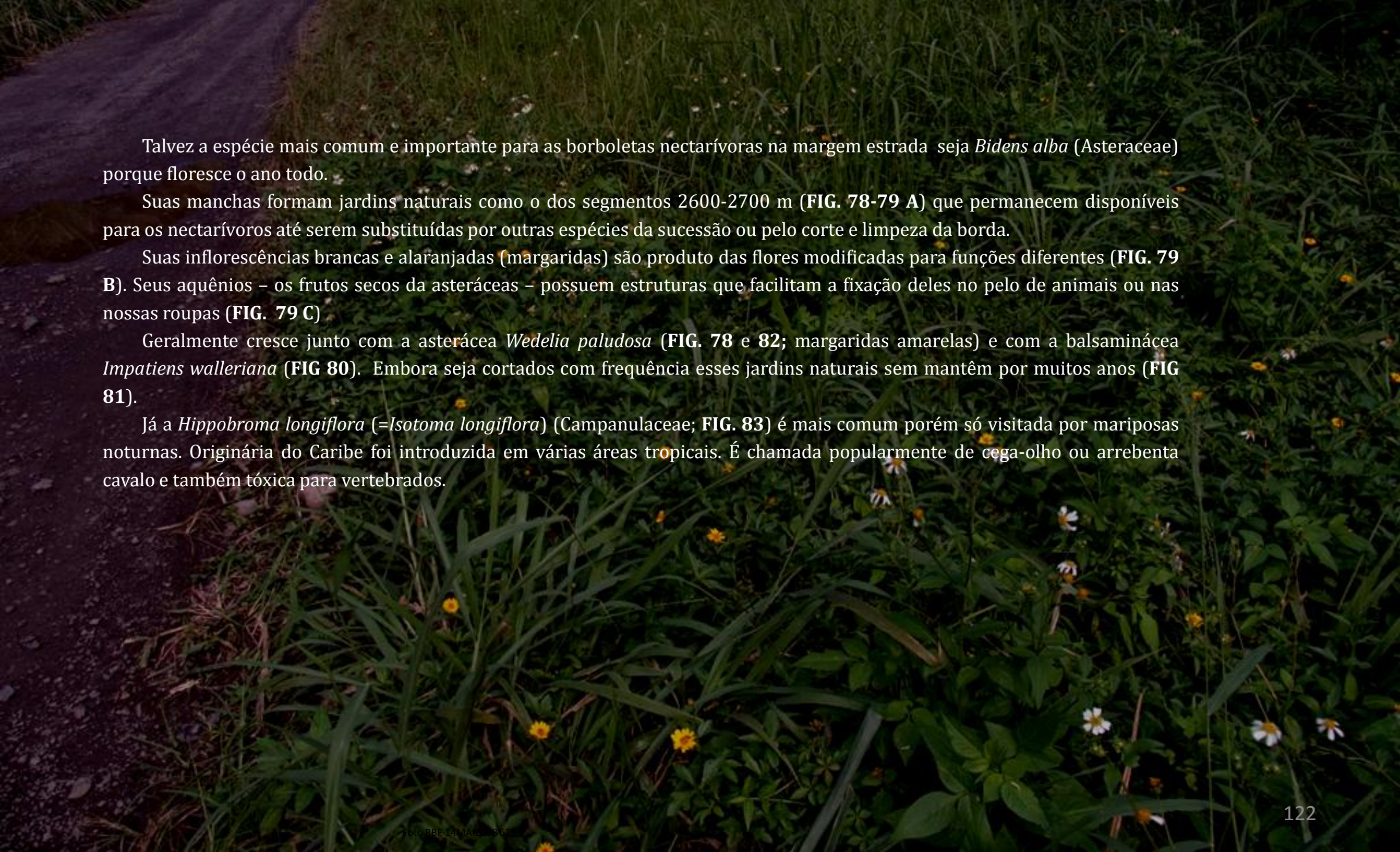



FIGURA 76. Inflorescência de *Vernonia beyrichii* sendo visitadas por fêmeas da borboleta *Actinote brylla*. Continua na próxima página.

ABR2006

FIGURA 76. Continuação. Inflorescência de *Vernonia beyrichii* sendo visitadas por machos e fêmeas da borboleta *Actinote brylla.*

ABR2006

SEGMENTO 6 [2500-3000 m]
(FIG. 77)

Neste trecho, uma das bordas da estrada forma um jardim natural que tem permanecido com flores desde 2007.

Trecho com orientação geral de 215° (**FIG. 77**; indicada pela linha amarela).

FIGURA 77. Foto aérea do segmento 6. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

Talvez a espécie mais comum e importante para as borboletas nectarívoras na margem estrada seja *Bidens alba* (Asteraceae) porque floresce o ano todo.

Suas manchas formam jardins naturais como o dos segmentos 2600-2700 m (**FIG. 78-79 A**) que permanecem disponíveis para os nectarívoros até serem substituídas por outras espécies da sucessão ou pelo corte e limpeza da borda.

Suas inflorescências brancas e alaranjadas (margaridas) são produto das flores modificadas para funções diferentes (**FIG. 79 B**). Seus aquênios – os frutos secos da asteráceas – possuem estruturas que facilitam a fixação deles no pelo de animais ou nas nossas roupas (**FIG. 79 C**)

Geralmente cresce junto com a asterácea *Wedelia paludosa* (**FIG. 78** e **82;** margaridas amarelas) e com a balsaminácea *Impatiens walleriana* (**FIG 80**). Embora seja cortados com frequência esses jardins naturais sem mantêm por muitos anos (**FIG 81**).

Já a *Hippobroma longiflora* (=*Isotoma longiflora*) (Campanulaceae; **FIG. 83**) é mais comum porém só visitada por mariposas noturnas. Originária do Caribe foi introduzida em várias áreas tropicais. É chamada popularmente de cega-olho ou arrebenta cavalo e também tóxica para vertebrados.

Foto RBF 14MAI2008

FIGURA 78. Plantas floridas *de Bidens alba* (margaridas brancas) e *Wedelia paludosa* (margaridas amarelas).

Foto RBF 14MAI2008 6295.

FIGURA 79. Detalhe de uma (**A**) inflorescência e de um (**B**) aquênio de *Bidens alba* .

A

Foto RBF 24AGO2005 DSC0003

B

Foto RBF 23MAR2010 3198.

Foto RBF 14AGO2005

FIGURA 80. Um dos vários jardins naturais formado por plantas floridas *de Bidens alba* (margaridas brancas) e *Impatiens walleriana* (flores rosadas).

SET2005

FIGURA 81. O mesmo trecho da FIGURA 80 (linha amarela) após um evento de corte em julho de 2008.

JUL2008

FIGURA 82. Plantas floridas *de Wedelia paludosa* com uma sendo visitada por pelo pierídeo *Archonias brassolis tereas*.

MAI2005

MAI2008

OUT2004

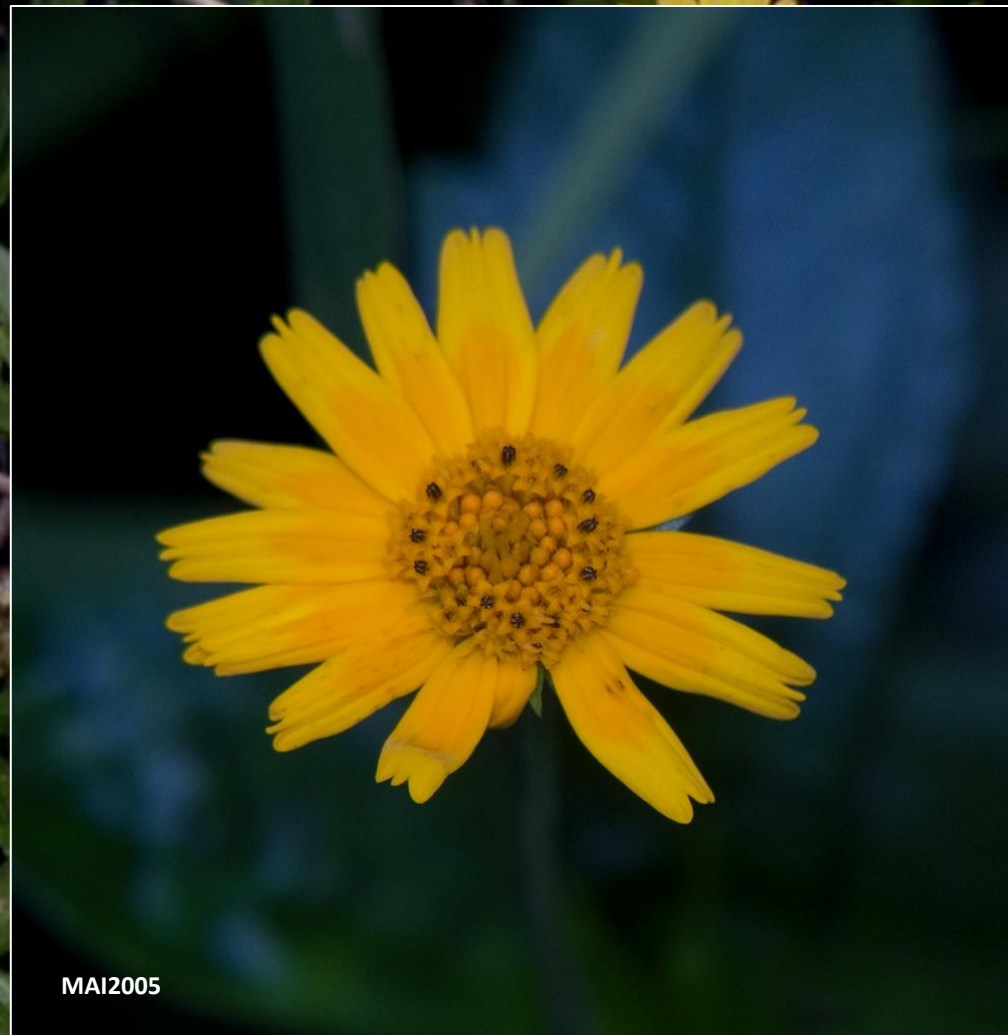



FIGURA 83. Já a *Hippobroma longiflora* (=*Isotoma longiflora*) (Campanulaceae) é mais comum porém só visitada por mariposas noturnas. Originária do Caribe foi introduzida em várias áreas tropicais. É chamada popularmente de cega-olho ou arrebenta cavalo e também tóxica para vertebrados.

NOV2009

SEGMENTO 7 [3000-3500 m]
(FIG. 84)

A estrada muda para a orientação 60° (**FIG. 84**; indicada pela linha amarela) neste trecho.

No ponto 3100 m ainda existe os restos de uma porteira (**FIG. 85**) que foi desativada e que deveria impedir a passagem pela estrada como já foi mostrado no início deste livro. Existe aí uma área aberta com a presença de muito capim. No trecho 3400 m existe o único pinheiro plantado ao longo da estrada (**FIG. 84**; 3; **FIG. 86**). Depois, a estrada fica mais estreita e sombria com o predomínio de *Malvaviscus penduliflora*.

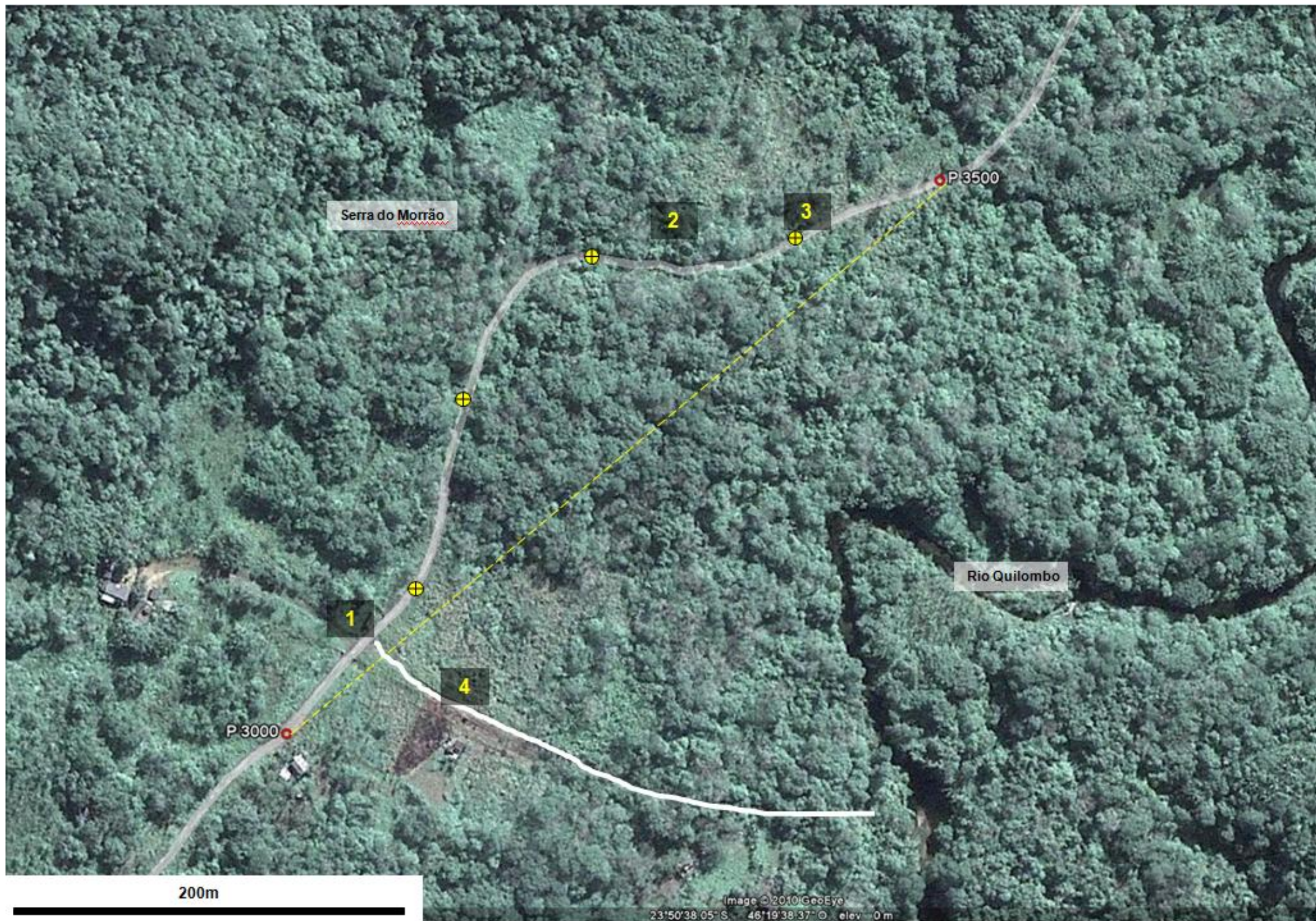



FIGURA 84. Foto aérea do segmento 7. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

MAI2008

MAI2008

FIGURA 85. Porteira desativada no ponto 3100m.

ABR2008

JUN2008

FIGURA 86. Pinheiro plantado na borda estrada no trecho 3400m, com muito capim na borda.

Outra planta comum na borda é *Costus spiralis* (Zingiberaceae). Ela é arbustiva e têm em torno de 1,5 m de altura. As inflorescências são terminais, curtas, densas, cônicas, com flores de coloração branca, vermelha ou rosa (**FIG. 87**). Apresentam brácteas vistosas, de coloração verde ou vermelha, abundantes o ano inteiro, sendo usadas também como plantas ornamentai. Os beija-flores e borboletas hesperídeas (**FIG. 88**) alimentam-se de suas flores e é provável que sejam seus polinizadadores.

A floração ocorre no final do verão e início do outono e as brácteas das inflorescências velhas formam depósitos de água e detritos semelhantes aos das bromeliáceas que são usados por diversos organismos. Além disso, os ramos apicais, antes de serem formados os botões, têm as folhas foliares dispostas de tal forma que formam, durante algum tempo, domáceas onde podem se abrigar formigas e outros insetos.

As folhas possuem nectários extraflorais que são visitados pelas formigas de vários gêneros que devem impedir a presença de herbívoros aumentando assim o desempenho da planta na produção de sementes.

JAN2004

JAN2004

FIGURA 87. Plantas floridas de *Costus spiralis*.

MAI2009

JAN2010

JAN2010

FIGURA 88. Planta florida de *Costus spiralis* sendo visitada por um hesperídeo.

SEGMENTO 8 [3500-4000m]
(FIG. 89)

Trecho com orientação geral de 190° (**FIG. 89**; indicada pela linha amarela).

Muita água acumulada nas poças devido ao sombreamento. Na época de chuvas fortes esse trecho da estrada vira literalmente um riacho.

Nessas bordas úmidas e pouco iluminadas (**FIG. 90**) predomina do hibisco vermelho, *Malvaviscus penduliflora* [1] (**FIG. 91**). que é vistado por beija-flores (**FIG. 92**) que roubam o néctar por perfurações laterais na corola.

Neste trecho, como em muitos outros onde existem sítios, é comum a presença de galinhas na estrada (**FIG. 93**).

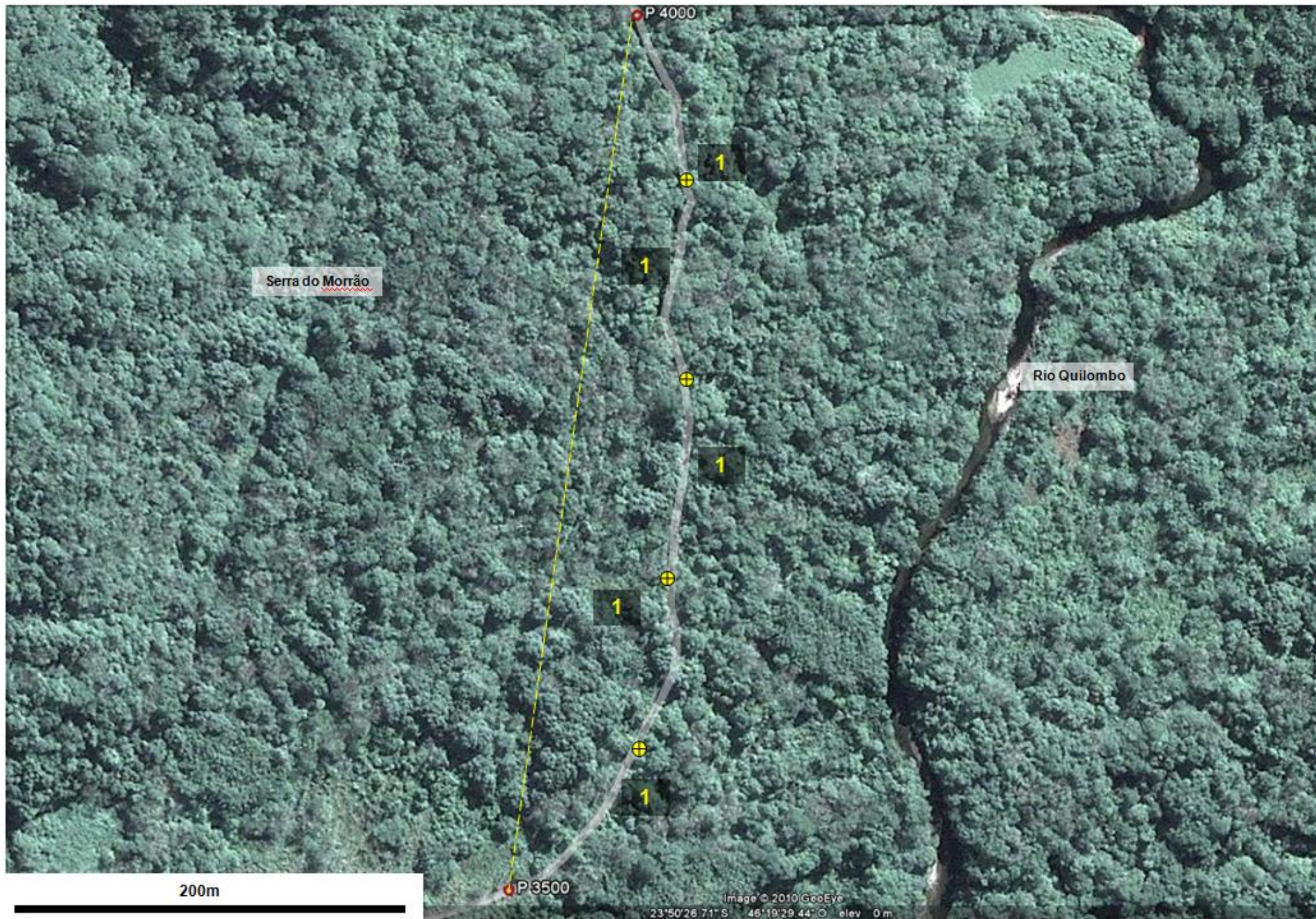



FIGURA 89. Foto aérea do segmento 8. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

FIGURA 90. Trecho 3700-3800m mostrando a entrada de um sítio.

JUL2008

FIGURA 91. Trecho 3700-3800m mostrando os arbustos de *Mavaviscus penduliflora* junto com lírio-do-brejo.

MAI2008

JUL2008

FIGURA 92. Detalhe de um beija-flor roubando néctar de flores de *Mavaviscus penduliflora.*

JUL2008

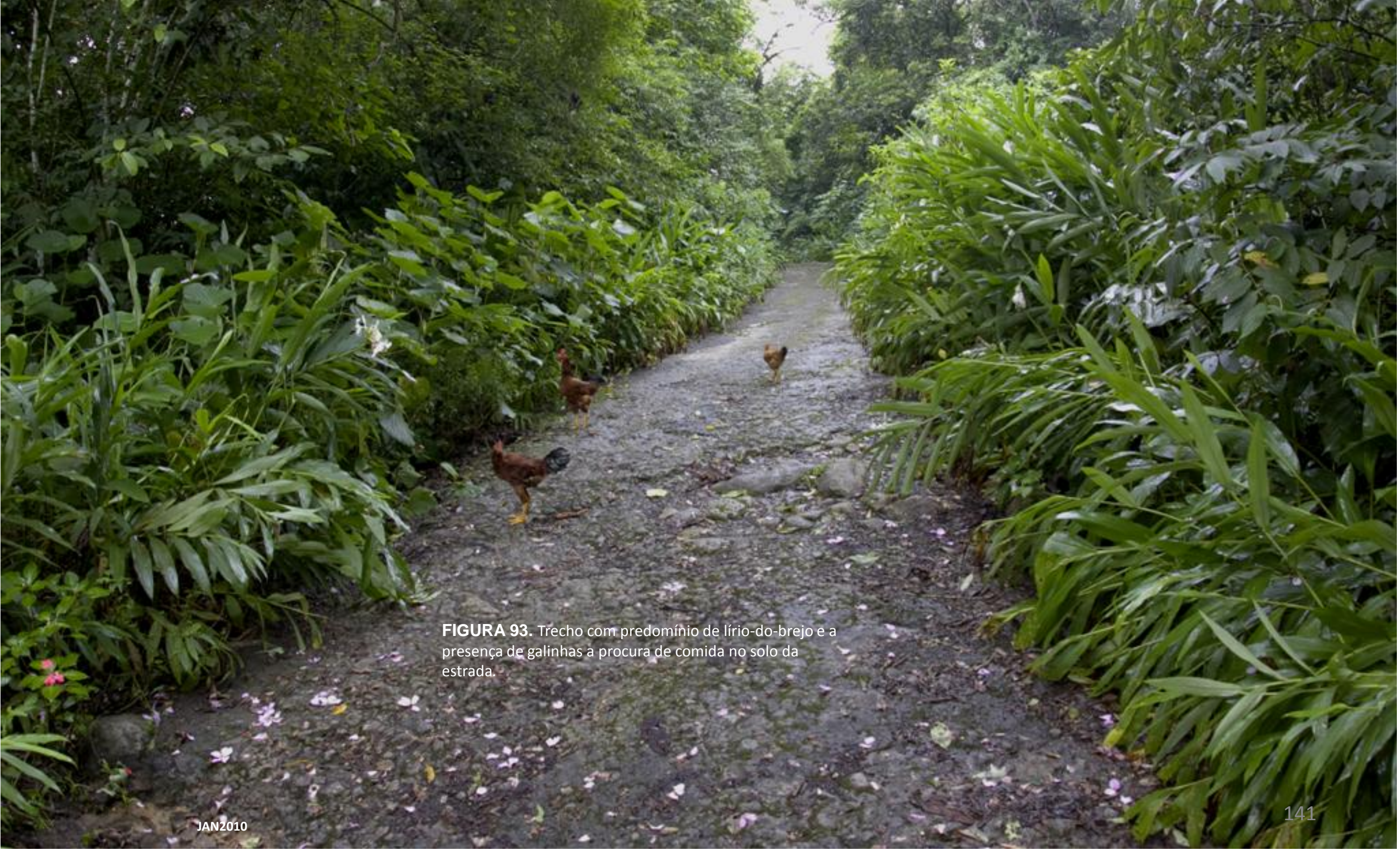
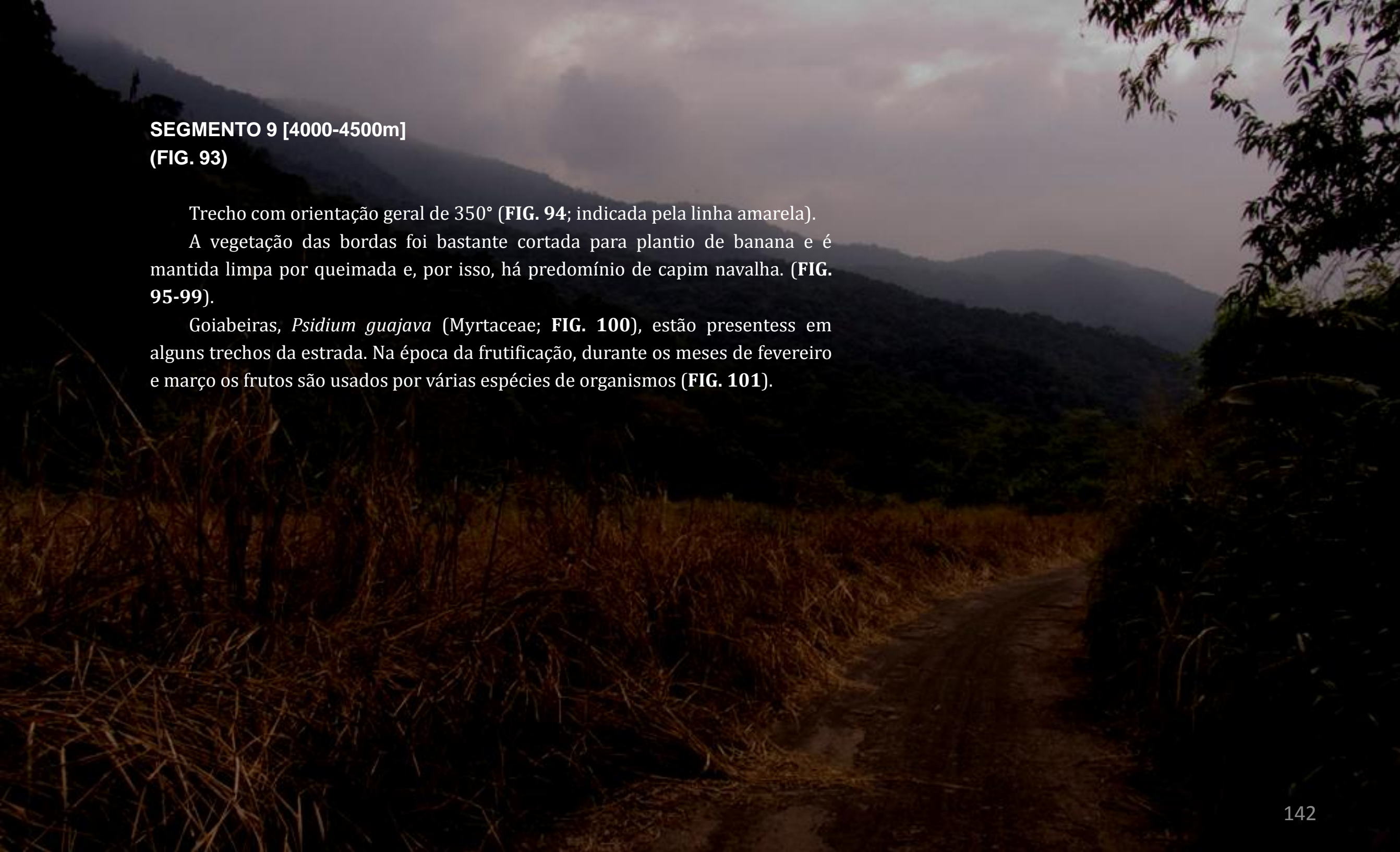



FIGURA 93. Trecho com predomínio de lírio-do-brejo e a presença de galinhas a procura de comida no solo da estrada.

JAN2010

SEGMENTO 9 [4000-4500m]
(FIG. 93)

Trecho com orientação geral de 350° (**FIG. 94**; indicada pela linha amarela).

A vegetação das bordas foi bastante cortada para plantio de banana e é mantida limpa por queimada e, por isso, há predomínio de capim navalha. (**FIG. 95-99**).

Goiabeiras, *Psidium guajava* (Myrtaceae; **FIG. 100**), estão presentess em alguns trechos da estrada. Na época da frutificação, durante os meses de fevereiro e março os frutos são usados por várias espécies de organismos (**FIG. 101**).

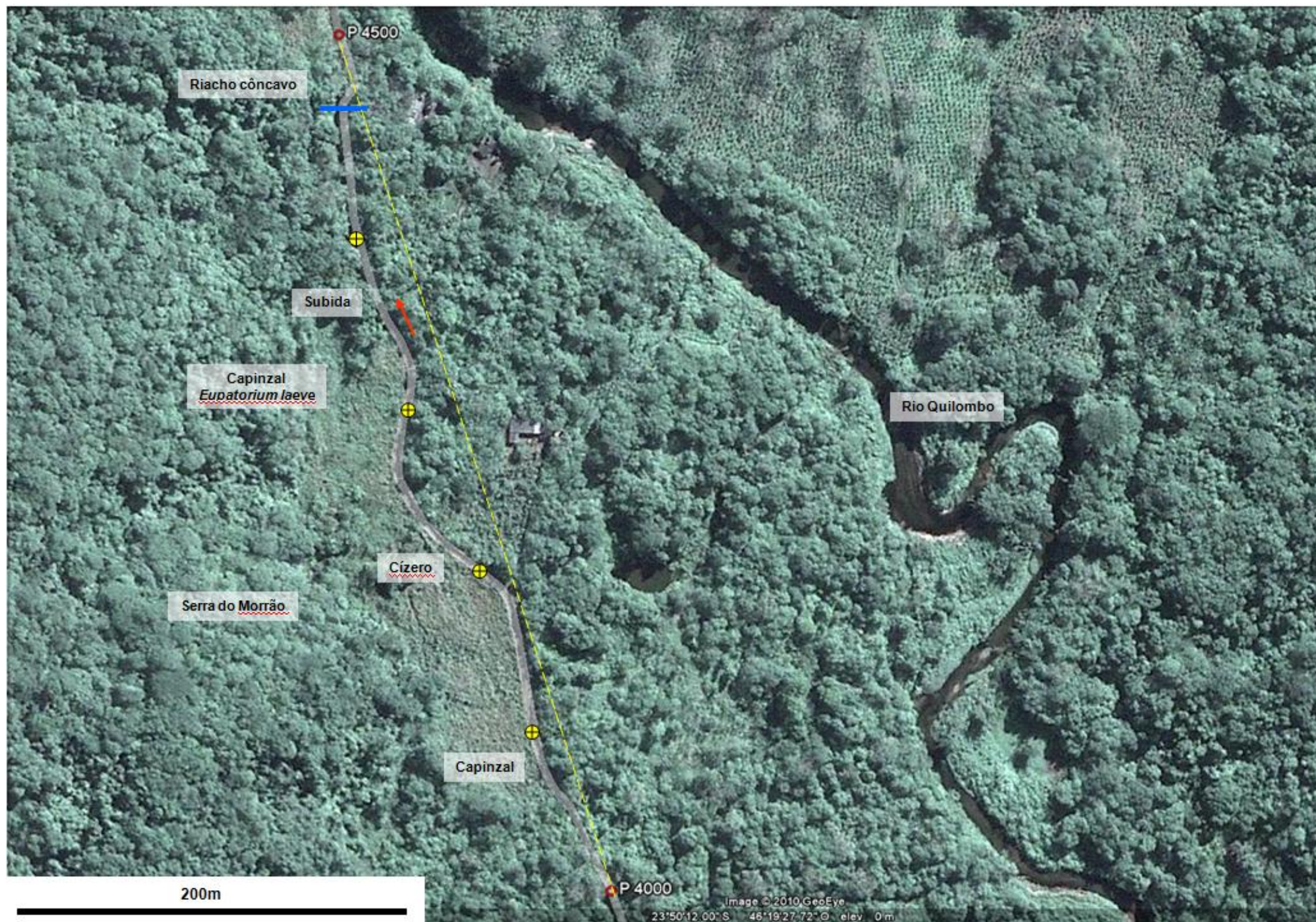



FIGURA 94. Foto aérea do segmento 9. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

FIGURA 95. Trecho 4500 m com o capinzal da borda antes de ser queimado.

MAI2008

FIGURA 96. Trecho 4200 m com o capinzal da borda antes de ser queimado.

FIGURA 97. Trecho 4300 m com o capinzal da borda antes de ser queimado.

FIGURA 98. Trecho 4100 m onde as bordas também são regularmente alteradas por queimadas.

FIGURA 99. Mancha de *B. alba* antes da subida e em frente ao capinzal no trecho 4300m.

JUN2005

FIGURA 100. Goiabeiras, *Psidium guajava* (Myrtaceae), estão presentess em alguns trechos da estrada. Na época da frutificação, durante os meses de fevereiro e março os frutos são usados por várias espécies de organismos como as borboletas *Morpho*.

ABR2008

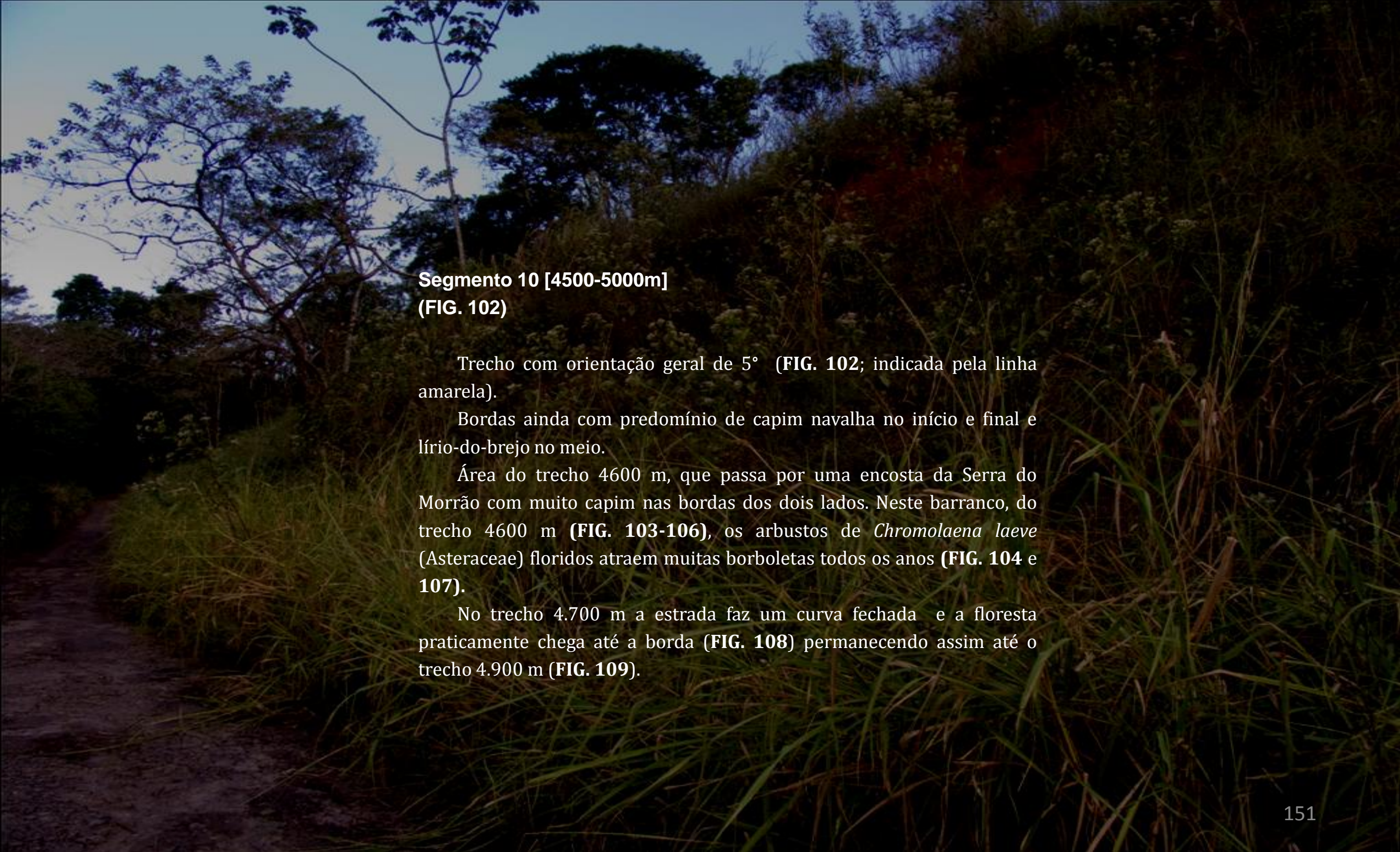
ABR2008

MAR2010

FIGURA 101. Borboleta *Morpho helenor achillaena* alimentando-se de goiaba podre caída na estrada.

MAR2010

MAR2010

Segmento 10 [4500-5000m]
(FIG. 102)

Trecho com orientação geral de 5° (**FIG. 102**; indicada pela linha amarela).

Bordas ainda com predomínio de capim navalha no início e final e lírio-do-brejo no meio.

Área do trecho 4600 m, que passa por uma encosta da Serra do Morrão com muito capim nas bordas dos dois lados. Neste barranco, do trecho 4600 m **(FIG. 103-106)**, os arbustos de *Chromolaena laeve* (Asteraceae) floridos atraem muitas borboletas todos os anos **(FIG. 104** e **107).**

No trecho 4.700 m a estrada faz um curva fechada e a floresta praticamente chega até a borda (**FIG. 108**) permanecendo assim até o trecho 4.900 m (**FIG. 109**).

P 5000
Serra do Morrão
Curva 2
Curva 1
Subida
Capinzal
Eupatorium laeve
Rio Quilombo
200m
P 4500

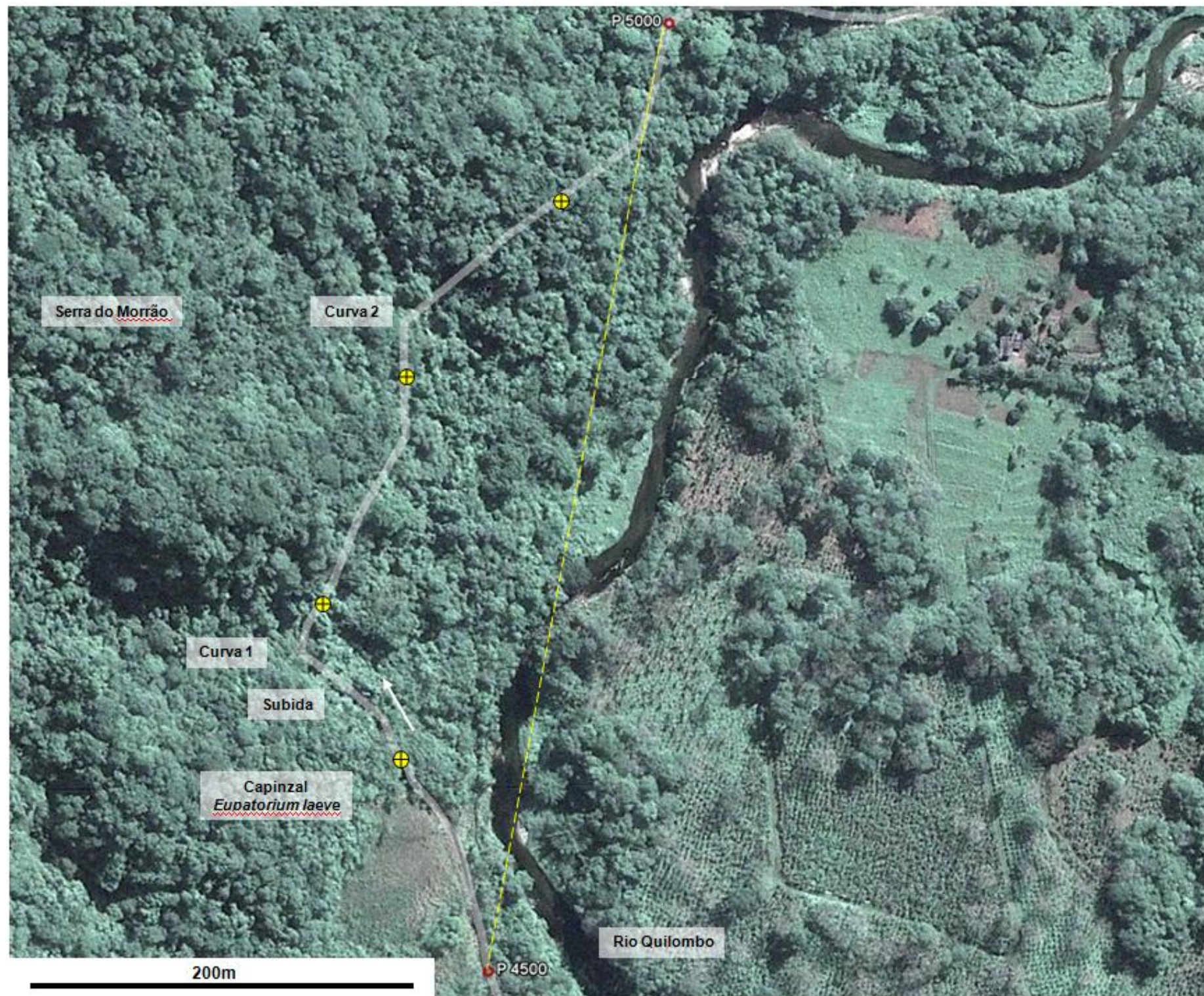



FIGURA 102. Foto aérea do segmento 10. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

FIGURA 103. Área do trecho 4600m, que passa por uma encosta da Serra do Morrão com muito capim nas bordas dos dois lados.

JUN2008

FIGURA 104. Neste barranco, do trecho 4600 m, os arbustos de *Chromolaena laeve* (Asteraceae) floridos atraem muitas borboletas todos os anos.

ABR2008

MAI2009

FIGURA 105. O mesmo barranco da FIG. 103 visto no sentido represa-rodovia.

MAI2009

FIGURA 106. Detalhe das inflorescências de um arbusto de *Chromolaena laeve*.

MAI2009

MAI2009

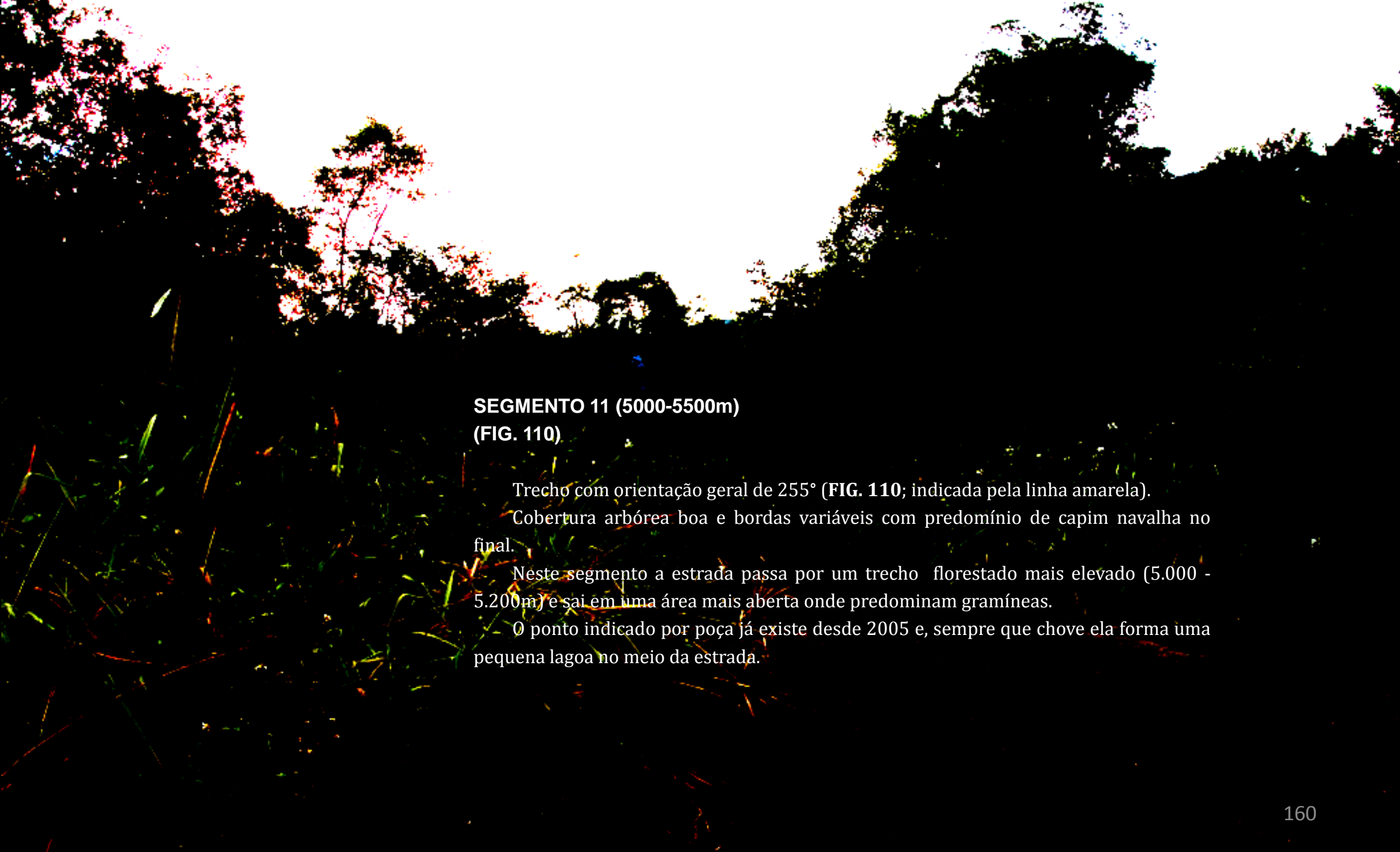



FIGURA 107. Entre as espécies de borboletas que são atraídas pelas flores de *Chromolaena laeve* estão *Eresia perna perna* (A); *Placidina euryanassa* (B).

MAI2009

MAR2010

FIGURA 108. Curva 1 [4.700m] mostrando a estrada no sentido rodovia e no sentido represa.

FIGURA 109. Trecho curvo aos 4900 m mostrando a estrada no sentido represa-rodovia. Aqui, a rodovia corta a encosta da Serra do Quilombo

MAR2010

SEGMENTO 11 (5000-5500m)
(FIG. 110)

Trecho com orientação geral de 255° (**FIG. 110**; indicada pela linha amarela).

Cobertura arbórea boa e bordas variáveis com predomínio de capim navalha no final.

Neste segmento a estrada passa por um trecho florestado mais elevado (5.000 - 5.200m) e sai em uma área mais aberta onde predominam gramíneas.

O ponto indicado por poça já existe desde 2005 e, sempre que chove ela forma uma pequena lagoa no meio da estrada.

FIGURA 110. Foto aérea do segmento 11. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

FIGURA 111. Trecho 5.400m. A poça. Mostrada existe lá desde 2003.

FIGURA 112. Trecho 5.400m. A poça. Mostrada existe lá desde 2003.

Plantas de *Cecropia pachystachia* (Urticaceae; **FIG. 113**) podem ser encontradas ao longo de toda a estrada, principalmente nos locais com maior iluminação.

Elas são mutualistas com formigas do gênero *Azteca* mas suas folhas podem servir de alimento para larvas de besouros (**FIG. 114**) e de borboletas como o ninfalídeo *Colobura dirce dirce* (**FIG. 115**).

JAN2004 0

FIGURA 113. Planta de *Cecropia pachystachia* (Urticaceae) mostrando os frutos.

Foto RBF 31JAN2004 0743.

FIGURA 114. Detalhe de uma planta de *Cecropia* que foi atacada por larvas de besouros.

JAN2010

ABR2009

MAR2006

MAR2006

FIGURA 115. As larvas do ninfalídeo *Colobura dirce dirce* alimentam-se das folhas de *Cecropia pachystachia* na área. Continua na página seguinte.

FIGURA 115. Continuação da página anterior.

ABR2008

SEGMENTO 12 [5500-6000m]
(FIG. 116)

Trecho com orientação geral de 230° (**FIG. 116**; indicada pela linha amarela).

A cobertura arbórea no entrono é alta porque a encosta da Serra do Morrão chega até a estrada em vários pontos.

Nesse segmento também dois grandes riachos cruzam a estrada (**FIG 116**; [1] Riacho 1; [2] Riacho 2). E nesse trecho o Rio Quilombo também fica muito próximo da estrada. Geralmente a vegetação do lado esquerdo da estrada (sentido represa) é diferente da do lado direito (lado do rio) onde existe predomínio de capim em vários pontos (**FIG. 117**).

Plantas do mata-cavalo ou tomatinho-da-praia, *Solanum hirtellum* (= *S. capsicoides;* Solanaceae) é uma planta herbácea que passa despercebida abaixo de outras maiores (**FIG. 118**). Mas seus frutos alaranjados e abundantes a tornam visível na época da frutificação (**FIG. 119**). Suas folhas são comidas por larvas das duas espécies de *Mechanitis* presentes na área (**FIG. 120**).

Serra do Morrão
Rio Quilombo
P.6000
P.5500
2
1
200m
Image © 2010 GeoEye
23°49'36.88" S 46°19'11.31" O elev 0 m

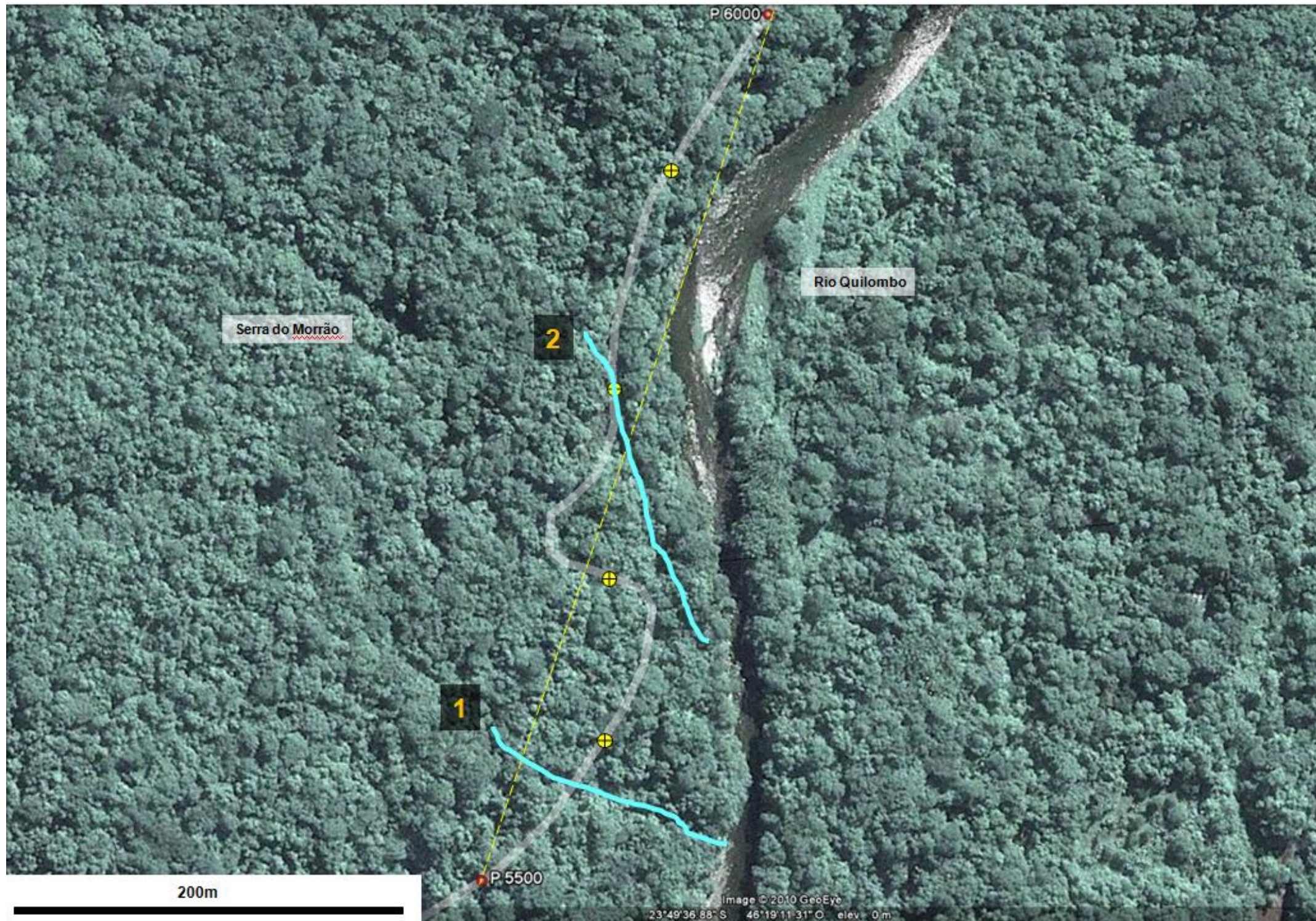



FIGURA 116. Foto aérea do segmento 12. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

FIGURA 117. Km 5,8.

Entorno do segundo riacho, no trecho 5.800 m, mostrando a vegetação da borda no sentido da represa.

FIGURA 118. Flor e fruto verde de *Solanum hirtellum* (= *S. capsicoides;* Solanaceae).

MAR2009

JAN2010

FIGURA 119. Frutos maduros do mata-cavalo ou tomatinho-da-praia, *Solanum hirtellum* (= *S. capsicoides;* Solanaceae).

JUN2007

JAN2010

FIGURA 120. Larva de último estádio da borboleta *Mechanitis lysimnia lysimnia* comendp folha do mata-cavalo.

MAR2009

SEGMENTO 13 (6000-6500m)
(FIG. 121)

Neste segmento não há nenhum sítio e a floresta chega muito próxima das bordas e um outro riacho atravessa a estrada (**FIG. 121**; 6.500 m).

Dado que existem trechos de subida uma boa parte da estrada ainda mantém o recobrimento original de concreto da década de 70 (**FIG. 122**) sendo que no trecho 6.500 m existe outra curva fechada onde existem poças permanentes em qualquer época do ano porque são alimentadas por nascentes da serra (**FIG. 123**).

Nos meses de outono elas são visitadas pelos bandos de borboletas que vão ao solo em busca de nutrientes. Em alguns pontos o dossel da vegetação da floresta cobre a estrada (**FIG. 124-127**).

Devido ao maior nível de sombreamento e a maior umidade plantas como *Heliconia velloziana* (Heliconiaceae) começam a aparece com mais frequência e suas flores são visitadas tanto por beija-flores quanto por borboletas hesperídeas (**FIG. 128**).

No trecho de 6.500 m aparece uma grande concentração da A trobeteira, *Brugmansia suaveolens* (=*Datura suaveolens;* Solanaceae; **FIG. 129-132**) que forma grupos em alguns pontos onde o solo é mais encharcado e o nível de iluminação menor. Suas folhas são comidas pelas lagartas de *Placidina euryanassa*.

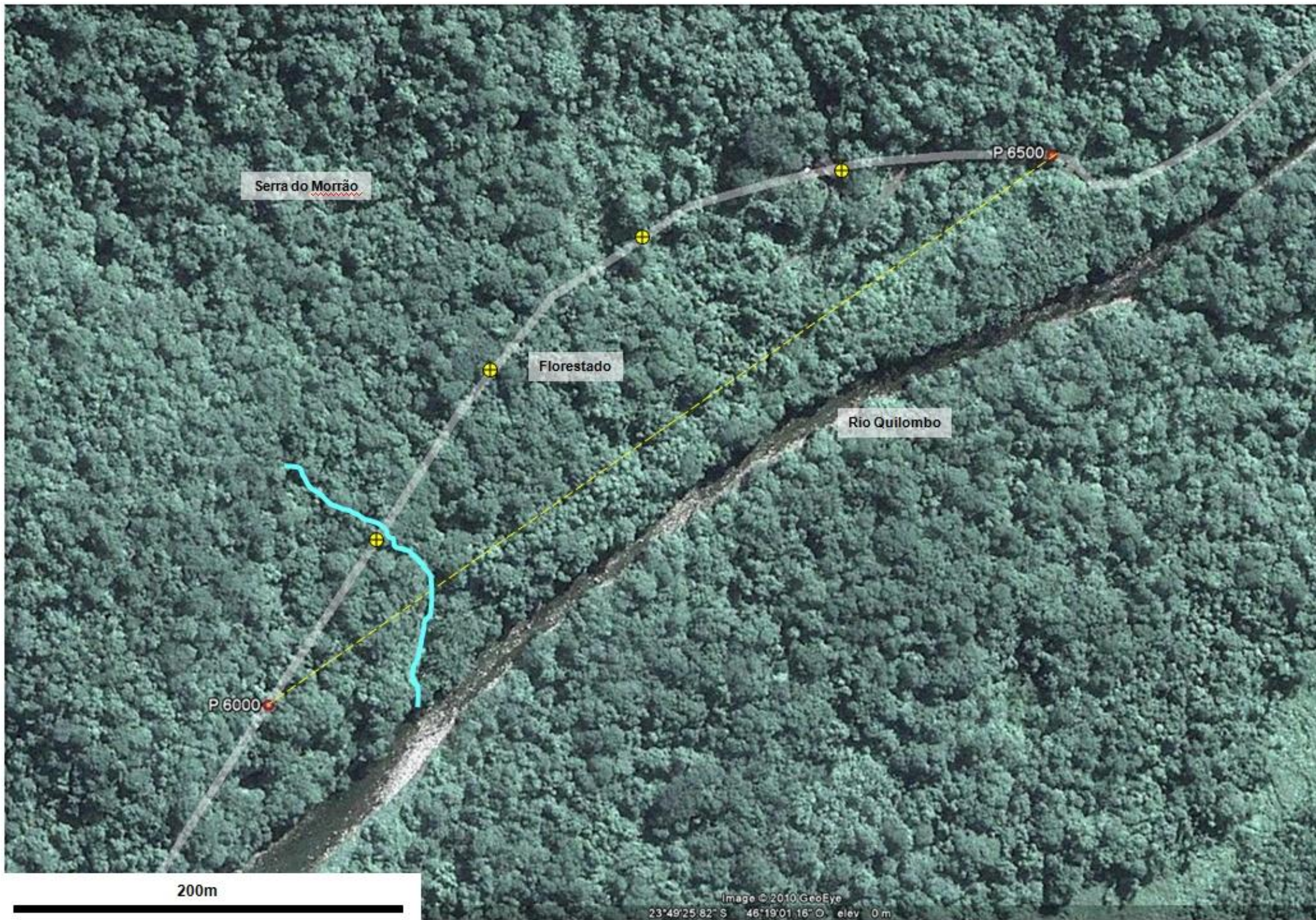



FIGURA 121. Foto aérea do segmento 13. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

ABR2010

ABR2010

FIGURA 122. Trecho de subida mostrando os restos do recobrimento de concreto nos 6.100.

FIGURA 123. Trecho da curva nos 6.500 m mostrando as poças permanentes.

JUN2008

FIGURA 124. Trecho 6.200 m onde a Serra do Morrão encosta na estrada formando um barranco.

FIGURA 125. Trecho 6.200 m onde a Serra do Morrão encosta na estrada formando um barranco.

JUN2008

FIGURA 126. Trecho 6.300 m que passa em uma mata secundária com muito predomínio de *Impatiens walleriana* nas bordas.

JUN2008

FIGURA 127. Final do trecho 6.300m que passa em uma mata secundária com muito predomínio de *Impatiens walleriana* nas bordas.

JUL2008

FIGURA 128. *Heliconia velloziana* (Heliconiaceae).

FIGURA 129. A trobeteira, *Brugmansia suaveolens* (=*Datura suaveolens;* Solanaceae) forma grupos em alguns pontos onde o solo é mais encharcado e o nível de iluminação menor. Suas folhas são comidas pelas lagartas de *Placidina euryanassa*.

OUT2005

AGO2004

NOV2009

MAR2010

FIGURA 130. Detalhe de flor e fruto da trobeteira, *Brugmansia suaveolens.*

FIGURA 131. Detalhe da flor da trobeteira, *Brugmansia suaveolens*.

ABR 2010

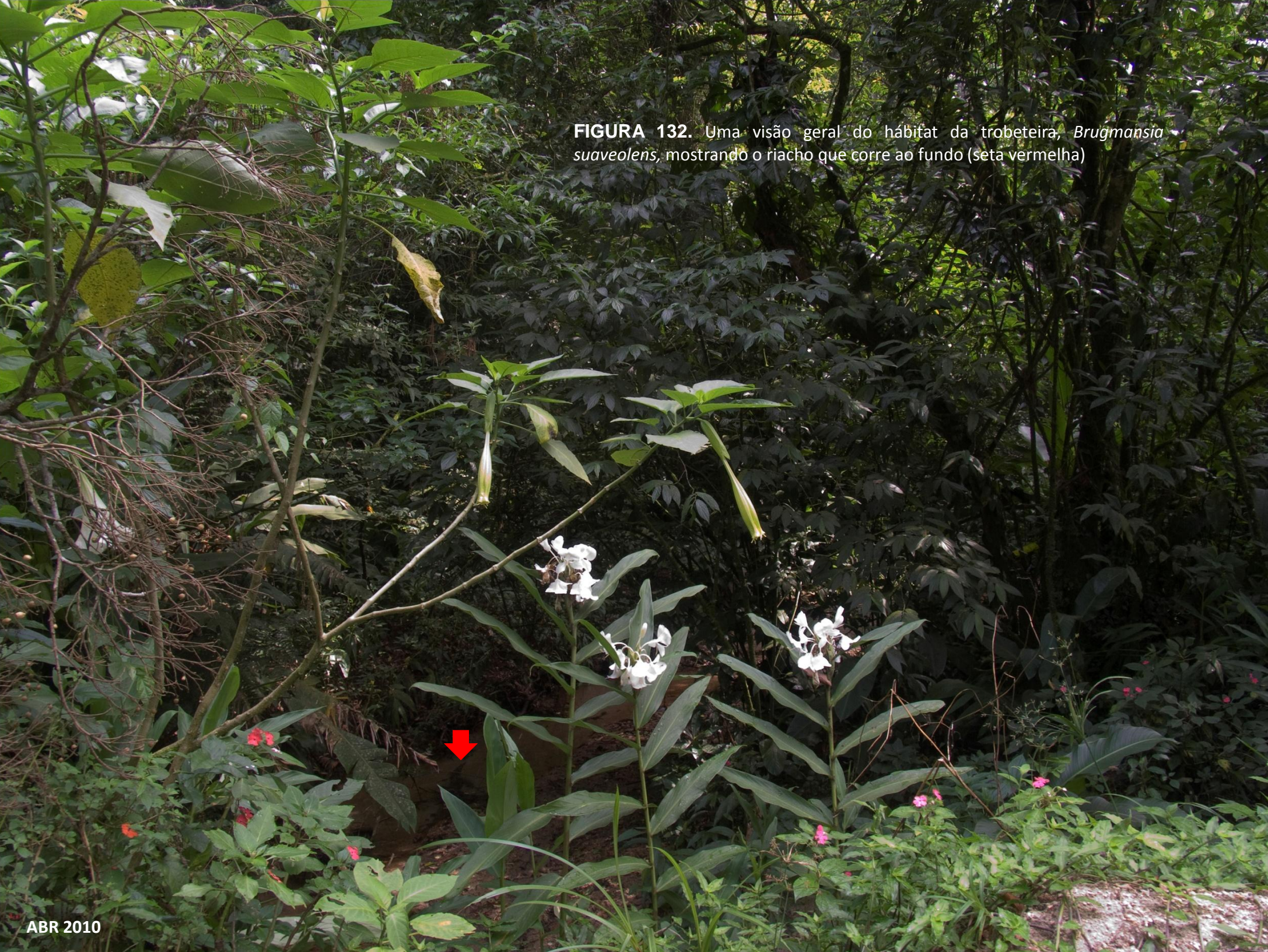



FIGURA 132. Uma visão geral do hábitat da trobeteira, *Brugmansia suaveolens,* mostrando o riacho que corre ao fundo (seta vermelha)

ABR 2010

Segmento 14 [6500-7000m] (FIG. 133).

Neste segmento a estrada passa por um bananal (**FIG. 134;** 6.600 m) muito antigo que é cuidado pelo seu Beiraldo que parece ser o pioneiro na ocupação da área. As bordas da estrada aqui passam então por trechos com plantação de bananas.

Entre 6.700 e 6.800 m a estrada tem a maior subida e no trecho 6.800 a 6.900 fica outra vez plana com uma vegetação bem diferente com predomínio das piperácea *Potomorphe* sp. (**FIG. 135-136**) e *Piper* sp. (**FIG. 137**).

Nesse trecho também existe uma mancha grande de *Austroeupatorium inulaefolium* (Asteraceae; **FIG. 138-140**). Essa planta floresce no outono e atrai muitas borboletas mas suas folhas também são usadas pelas lagartas de *Actinote pellenea pellenea* (ver o capítulo 8).

As flores de *Sanchezia speciosa* (Acanthaceae; **FIG. 141-144**) são usadas por beija-flores, cambacicas e pela borboleta *Heliconius sara apseudes*. Essa planta forma grupos com muitos indivíduos nesse trecho mas aparece também em outros em menor quantidade em trechos que podem estar ao sol ou à sombra (**FIG. 145**).

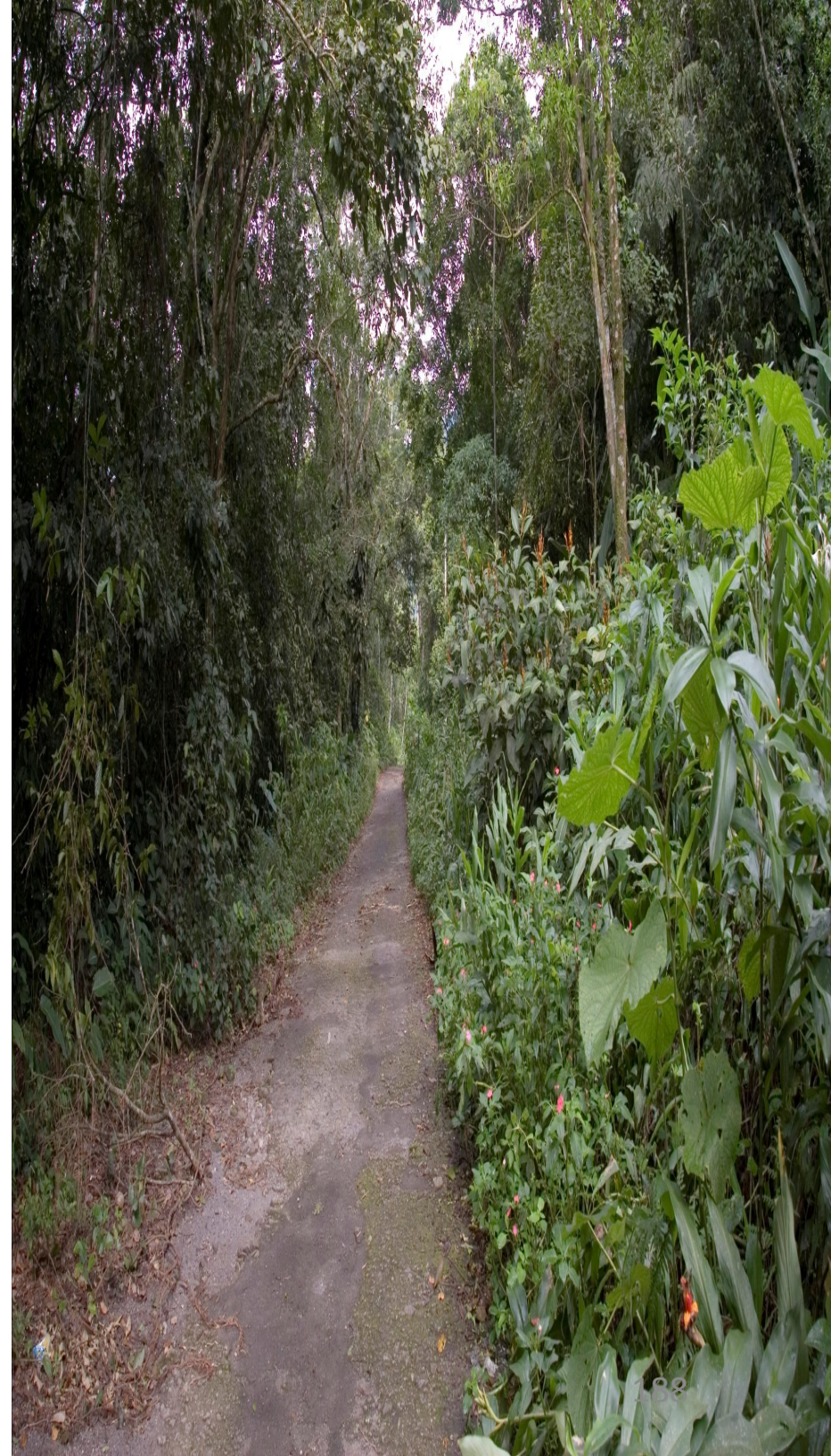
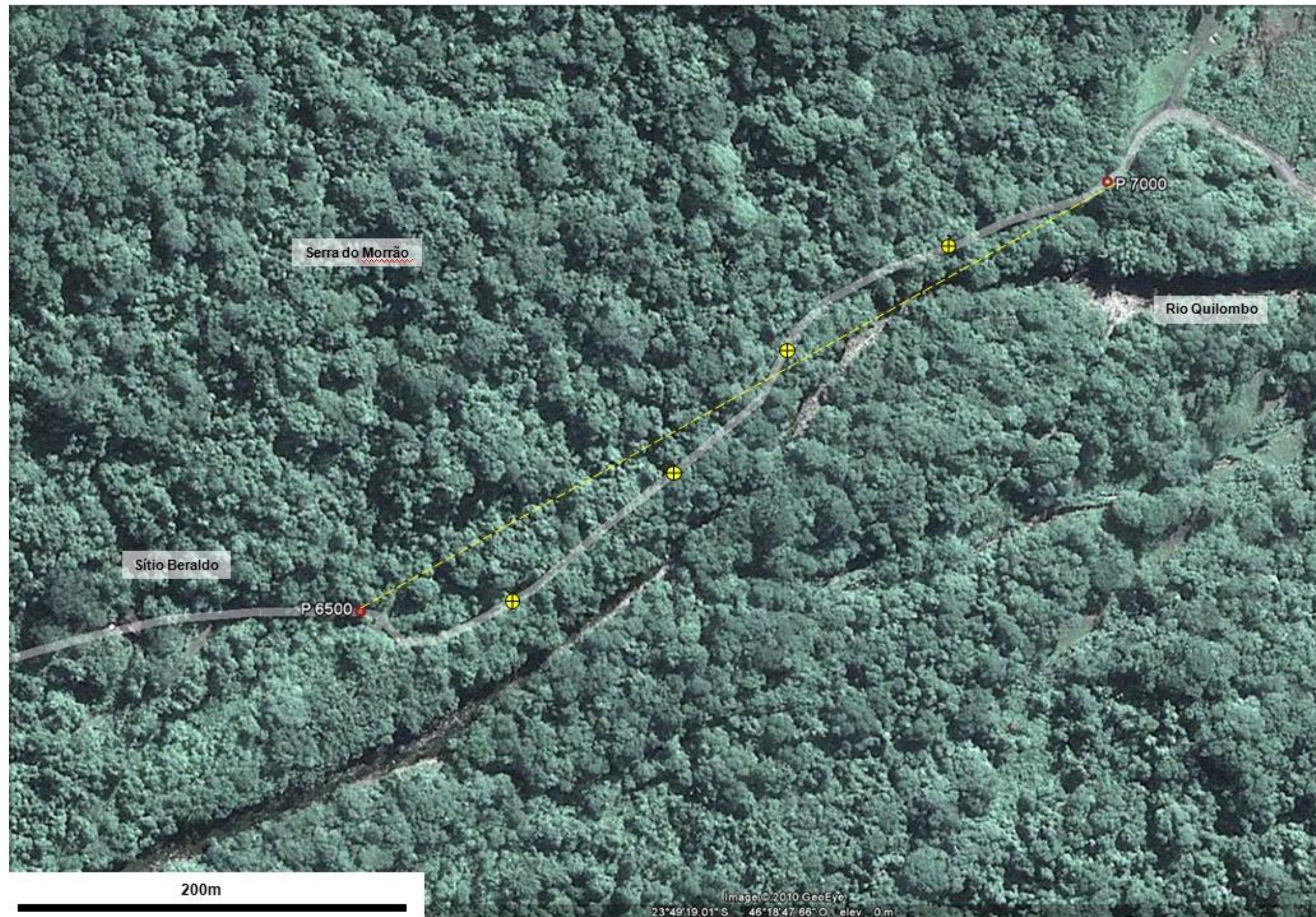



FIGURA 133. Foto aérea do segmento 14. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

FIGURA 134. Sítio do sr. Beiraldo nos 6.600 m.

JUL2008

FIGURA 135. Borda da estrada no trecho 6.800 a 6.900 m mostrando que a borda já é diferente dos trechos anteriores.

MAI2008

FIGURA 136. Borda da estrada no trecho 6.800 a 6.900 m mostrando plantas de *Potomorphe* sp. (seta vermelha).

MAI2008

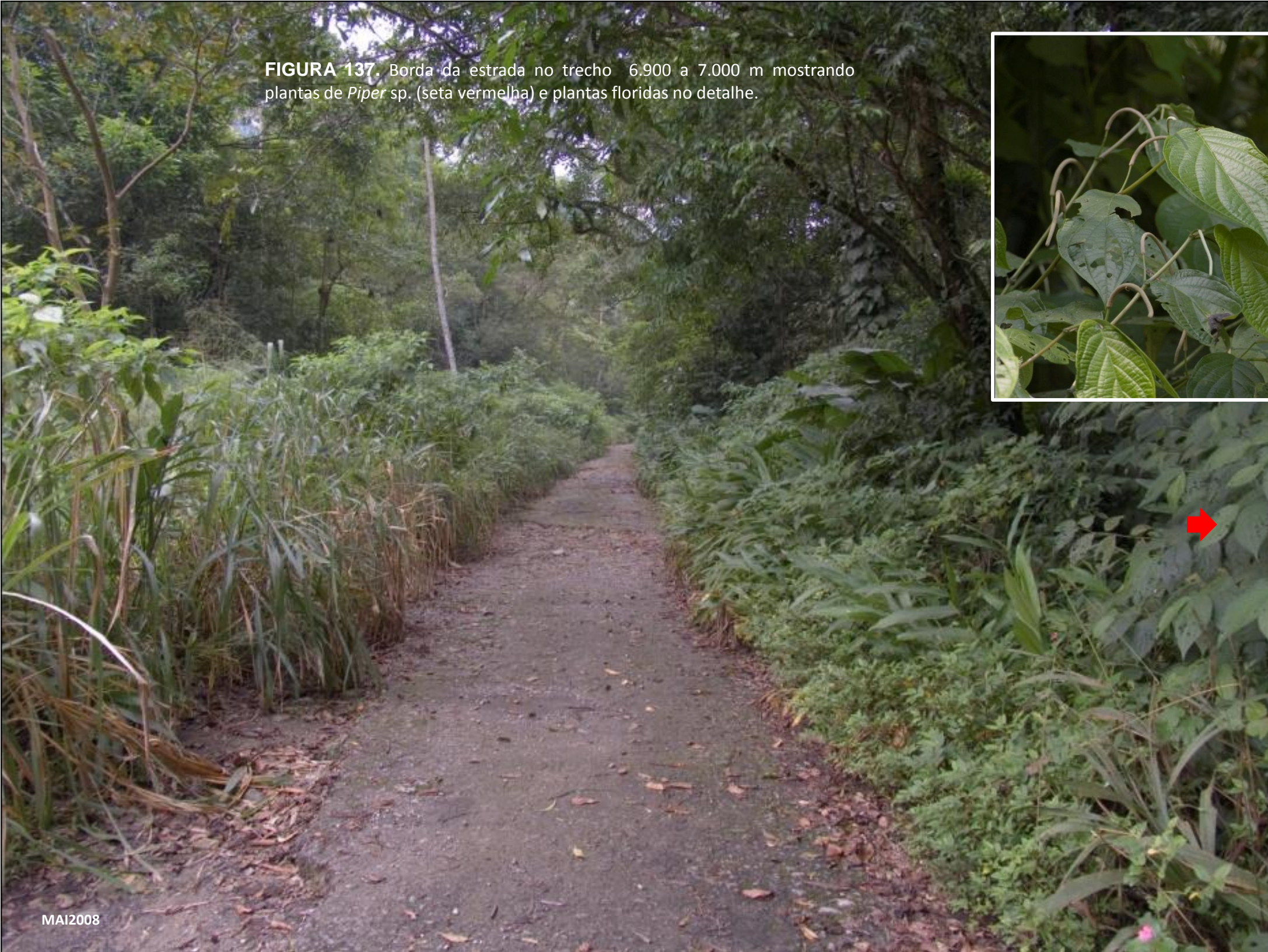
FIGURA 137. Borda da estrada no trecho 6.900 a 7.000 m mostrando plantas de *Piper* sp. (seta vermelha) e plantas floridas no detalhe.

MAI2008

FIGURA 138. Arbusto de *Austroeupatorium inulaefolium* (Asteraceae) florido e os aquênios (no detalhe).

MAI2008

ABR2009

FIGURA 139. Duas borboletas em inflorescências de *Austroeupatorium inulaefolium* (Asteraceae).

Archonias brassolis terreas

Rhetus periander eleusinus

ABR2009

FIGURA 140. *Heliconius ethilla narcaea* em flores *Austroeupatorium inulaefolium* (Asteraceae).

ABR2009

FIGURA 141. As flores de *Sanchezia speciosa* (Acanthaceae) são usadas por beija-flores e *Heliconius sara apseudes*. Essa planta forma grupos com muitos indivíduos nesse trecho mas aparece também em outros em menor quantidade.

MAI2008

NOV2002

JAN2004

FIGURA 142. As flores de *Sanchezia speciosa* (Acanthaceae) são usadas por beija-flores e *Heliconius sara apseudes*. Essa planta forma grupos com muitos indivíduos nesse trecho mas aparece também em outros em menor quantidade.

JUL2009

ABR2004

JUN2004

JUL2009

JUL2009

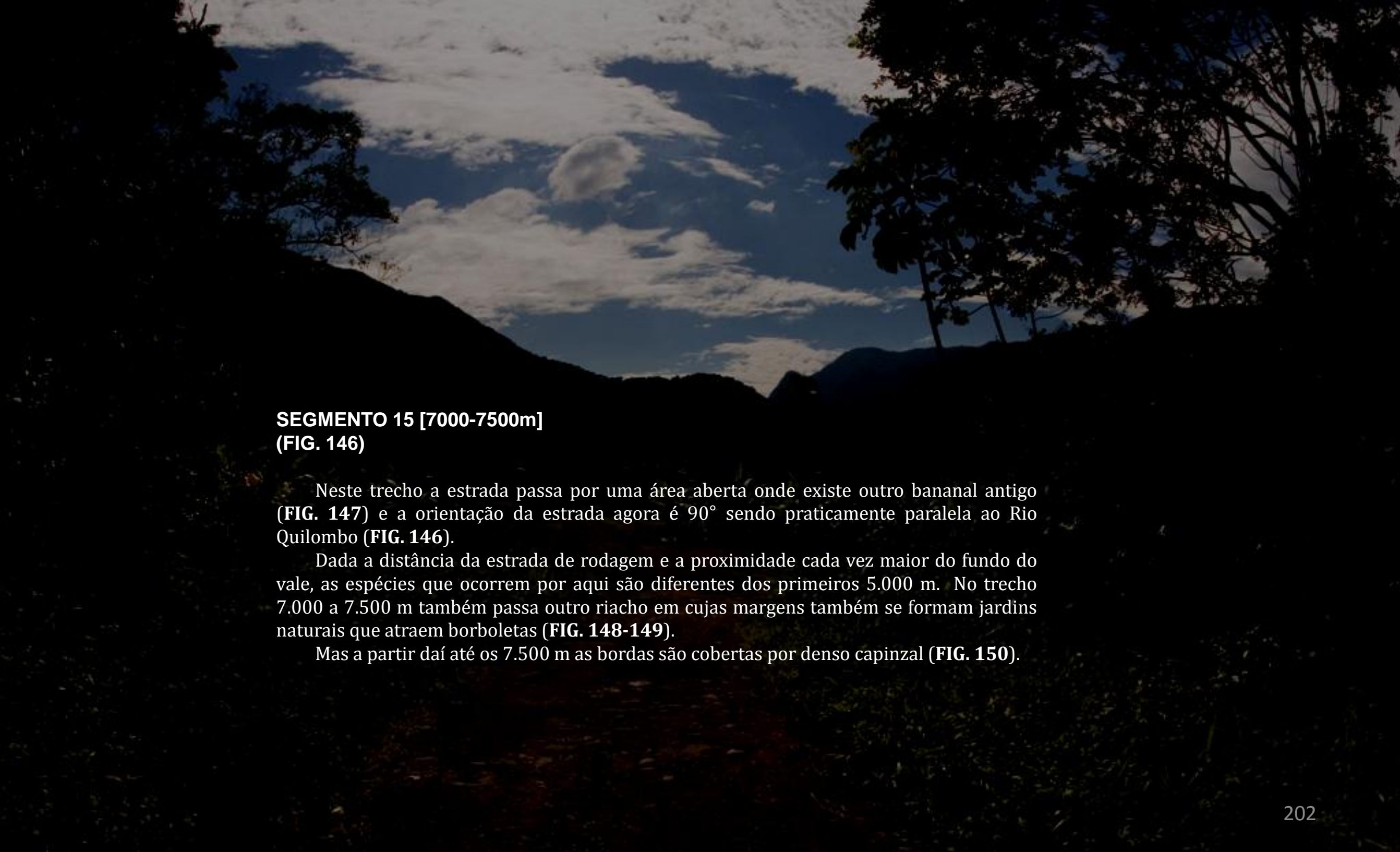



FIGURA 143. As flores de *Sanchezia speciosa* (Acanthaceae) são usadas por beija-flores e *Heliconius sara apseudes*. Essa planta forma grupos com muitos indivíduos nesse trecho mas aparece também em outros em menor quantidade.

FIGURA 144. As flores de *Sanchezia speciosa* também são visitadas pelas cambacicas.

FIGURA 145. O trecho com *Sanchezia speciosa* e *Austroeupatorium inulaefolium* mostrando o nível de sombreamento.

ABR2008

SEGMENTO 15 [7000-7500m]
(FIG. 146)

Neste trecho a estrada passa por uma área aberta onde existe outro bananal antigo (**FIG. 147**) e a orientação da estrada agora é 90° sendo praticamente paralela ao Rio Quilombo (**FIG. 146**).

Dada a distância da estrada de rodagem e a proximidade cada vez maior do fundo do vale, as espécies que ocorrem por aqui são diferentes dos primeiros 5.000 m. No trecho 7.000 a 7.500 m também passa outro riacho em cujas margens também se formam jardins naturais que atraem borboletas (**FIG. 148-149**).

Mas a partir daí até os 7.500 m as bordas são cobertas por denso capinzal (**FIG. 150**).

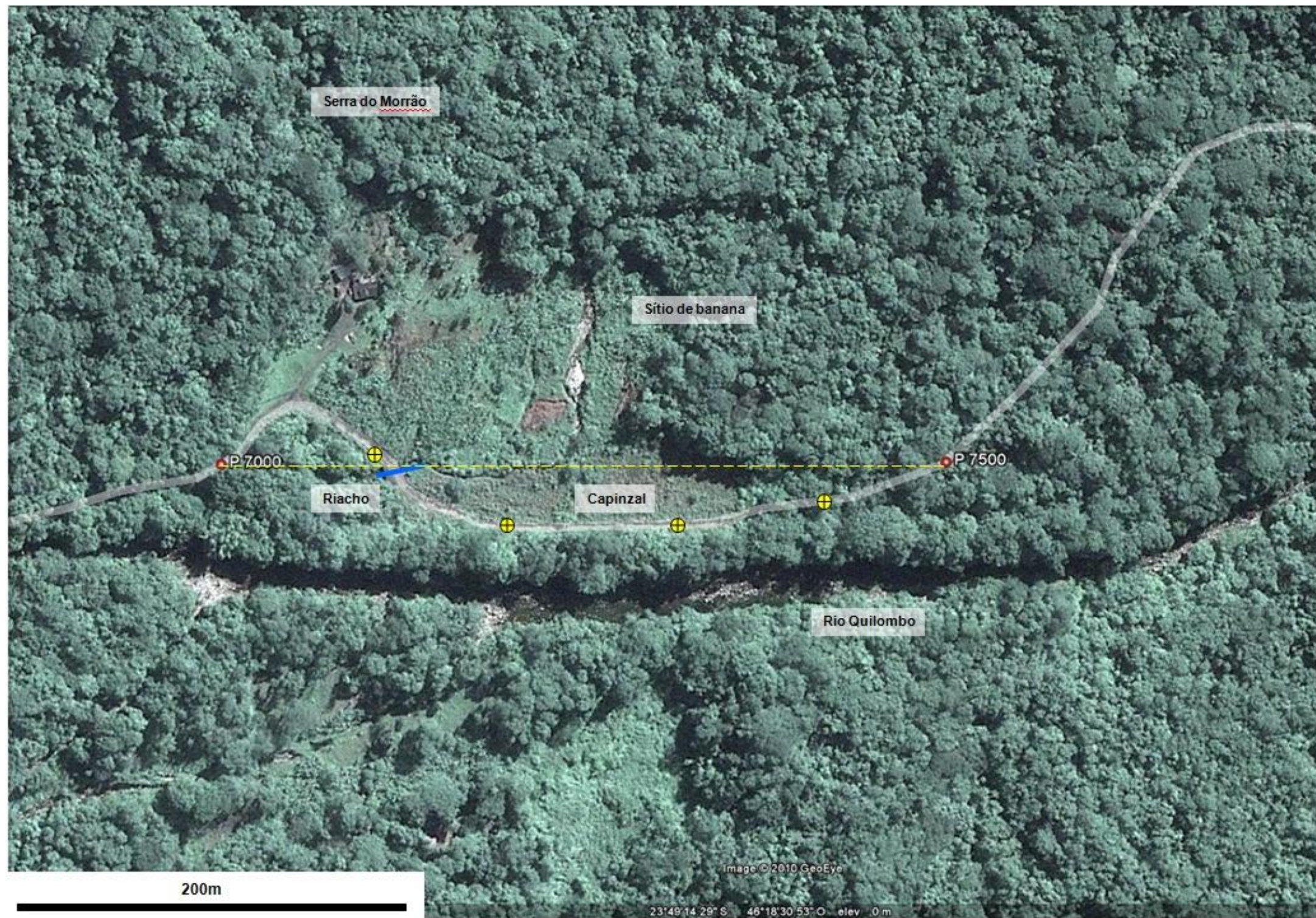



FIGURA 146. Foto aérea do segmento 15. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

FIGURA 147. Vista da curva do sítio de banana.

MAI2008

FIGURA 148. Trecho na frente do bananal que forma um jardim natural com predomínio de capim, *Bidens alba* e *Mikania micrantha*.

MAI2008

FIGURA 149. Ponte sobre outro riacho que corta a estrada.

MAI2008

FIGURA 150. Borda entre os trechos 7.300 a 7.500 m recoberta por capim.

MAI2008

SEGMENTO 16 (7500-8000m)
(FIG. 151)

Neste trecho a estrada sai da área aberta e entra no trecho de floresta fazendo uma curva suave afastando-se do rio (**FIG. 151**).

Devido à cobertura densa do dossel, uma planta que se alastrou nas bordas é a maria-sem-vergonha, *Impatiens walleriana* (Balsaminaceae; **FIG. 152-153**) que floresce o ano inteiro e é abundante ao longo de toda estrada, mas principalmente nos trechos mais úmidos e sombreados. Suas flores são visitadas por borboletas com espirotrombas longas como os grande pierídeos dos gêneros *Phoebis*, *Anteos* e *Aphrissa*, papilionídeos dos gêneros *Mimoides* e *Parides* e hesperiídeos de vários gêneros (**FIG. 154-155**).

Essa área florestada (**FIG. 156-157**) acaba nos 7.900 m quando atravessa o Rio Quilombo (**FIG. 158**) que neste caso tem ser feita à vau (**FIG. 160**).

Serra do Morrão

Rio Quilombo

P 7500

P 8000

Ponte e travessia a váu do Rio Quilombo

Serra do Quilombo

200m

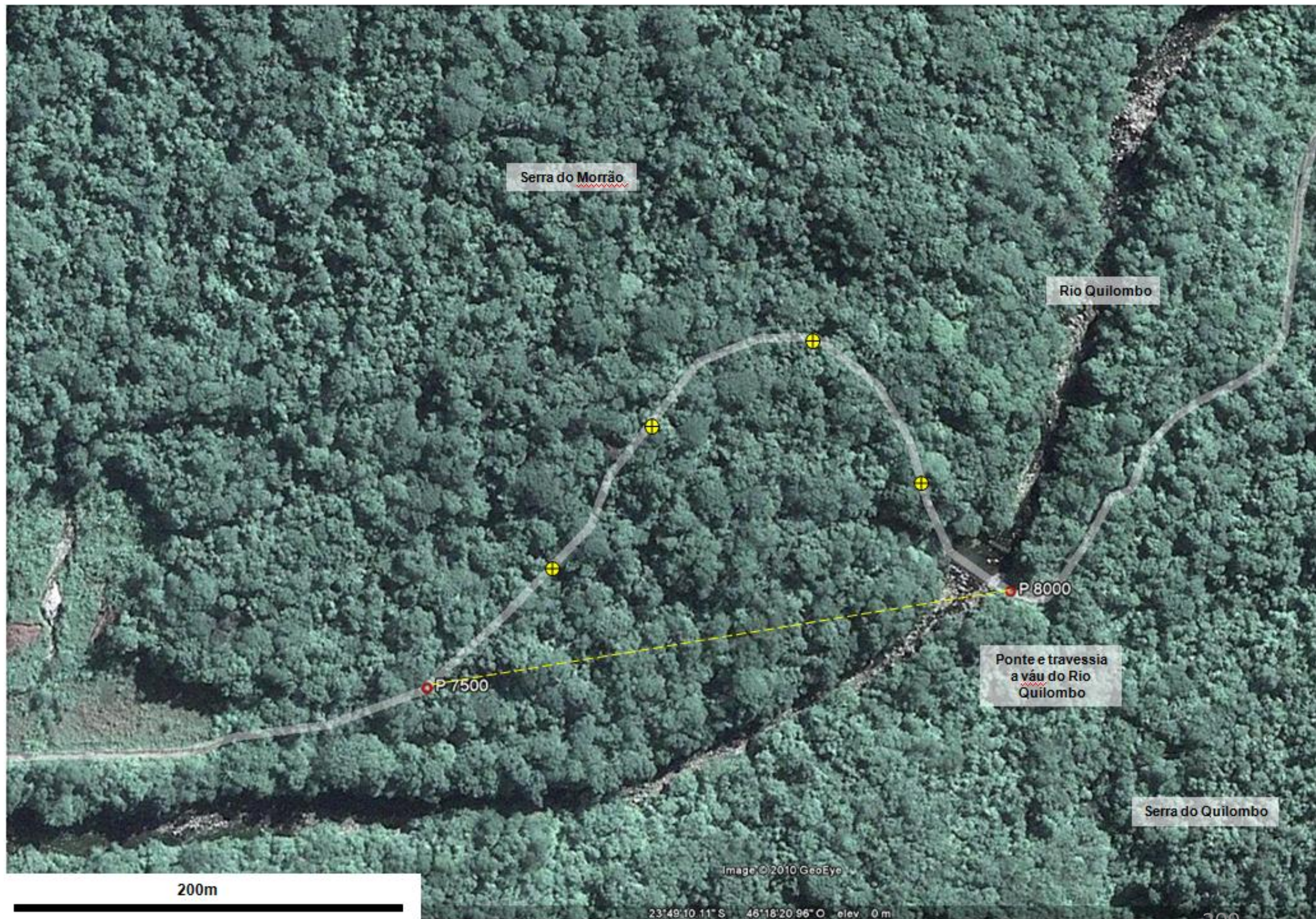



FIGURA 151. Foto aérea do segmento 16. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

FEV2007

FIGURA 152. Trecho 7.500 a 7.600 m que passa dentro da floresta.

JAN2007

FIGURA 153. Um grupo de plantas floridas de maria-sem-vergonha.

SET2005

FIGURA 154. A Maria-sem-vergonha, *Impatiens walleriana* (Balsaminaceae) floresce o ano inteiro sendo abundante ao longo de toda estrada, principalmente nos trechos mais úmidos e sombreados. Suas flores são visitadas por borboletas com espirotrombas longas como os grande pierídeos dos gêneros *Phoebis*, *Anteos* e *Aphrissa*, papilionídeos dos gêneros *Mimoides* e *Parides* e hesperídeos de vários gêneros.

NOV2003

OUT2004 .

JAN2010

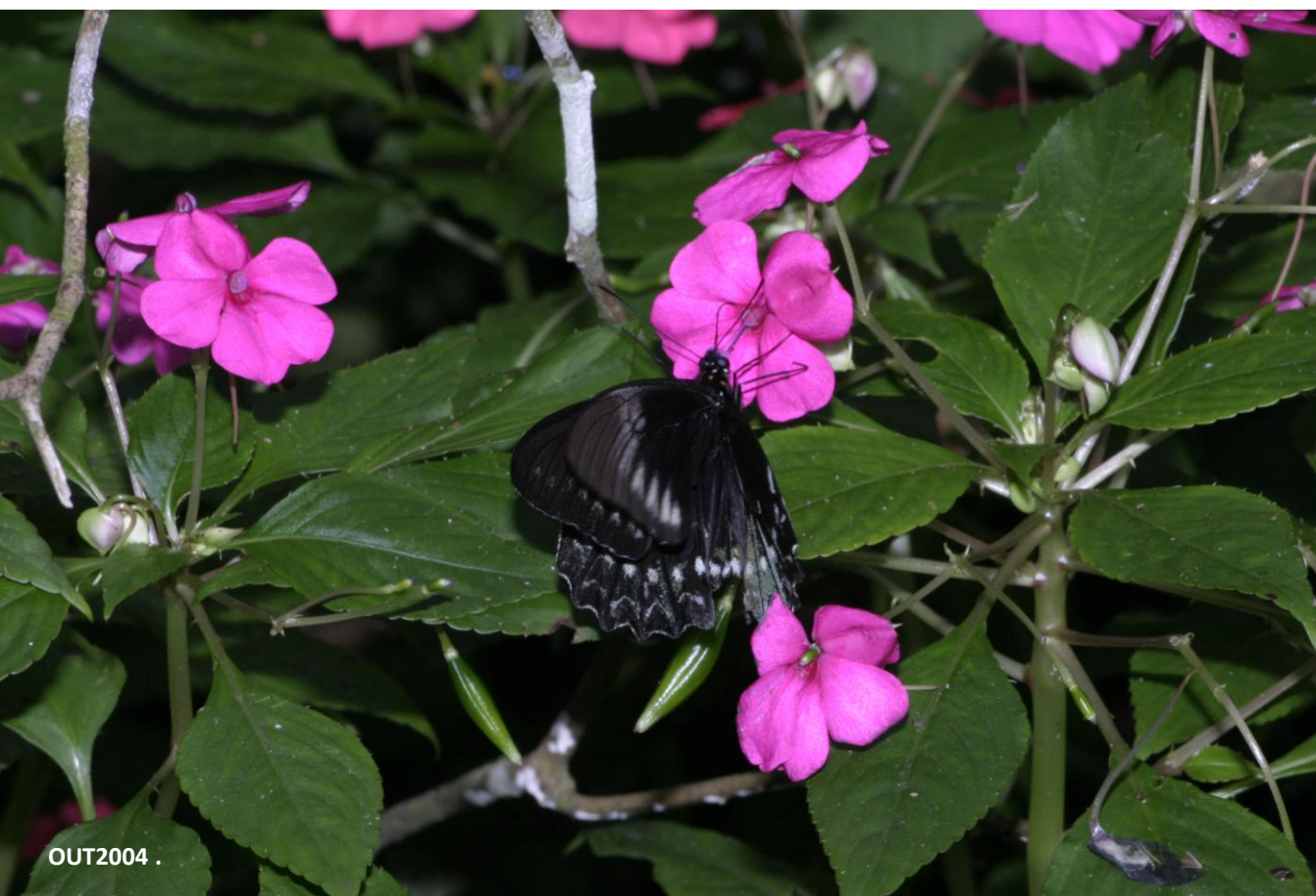



FIGURA 155. Uma *Phoebis philea* com a espirotromba pronta para entrar na flor da maria-sem-vergonha.

JUN2005

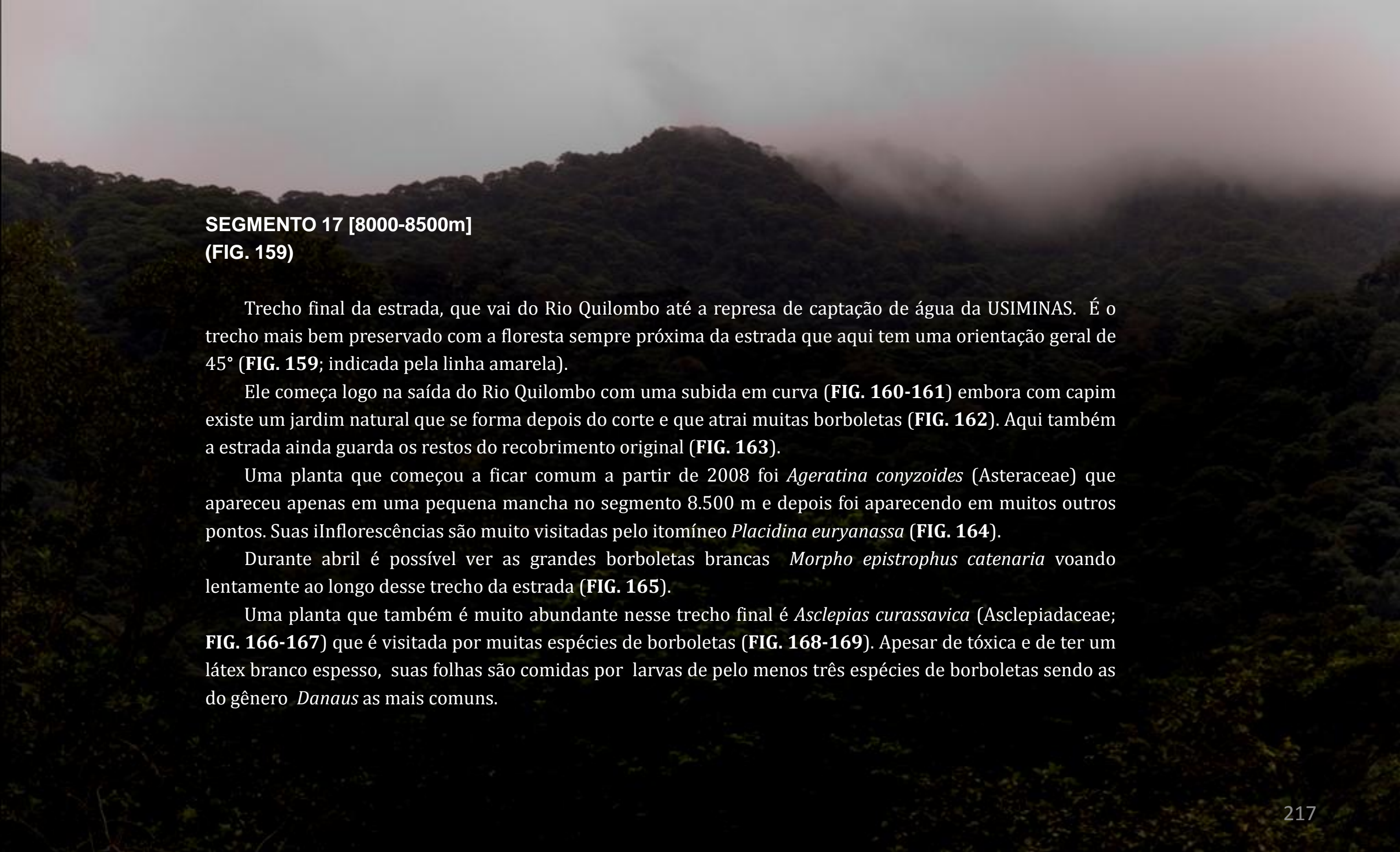
FIGURA 156. Trecho florestado 7.600 m.

MAI2008

FIGURA 157. Trecho florestado 7.900 m. A área mais clara no final da estrada já é o Rio QUilombo.

FIGURA 158. Vista da travessia do Rio Quilombo mostrando a precária ponte de madeira para pedestres.

ABR2008

SEGMENTO 17 [8000-8500m]
(FIG. 159)

Trecho final da estrada, que vai do Rio Quilombo até a represa de captação de água da USIMINAS. É o trecho mais bem preservado com a floresta sempre próxima da estrada que aqui tem uma orientação geral de 45° (**FIG. 159**; indicada pela linha amarela).

Ele começa logo na saída do Rio Quilombo com uma subida em curva (**FIG. 160-161**) embora com capim existe um jardim natural que se forma depois do corte e que atrai muitas borboletas (**FIG. 162**). Aqui também a estrada ainda guarda os restos do recobrimento original (**FIG. 163**).

Uma planta que começou a ficar comum a partir de 2008 foi *Ageratina conyzoides* (Asteraceae) que apareceu apenas em uma pequena mancha no segmento 8.500 m e depois foi aparecendo em muitos outros pontos. Suas iInflorescências são muito visitadas pelo itomíneo *Placidina euryanassa* (**FIG. 164**).

Durante abril é possível ver as grandes borboletas brancas *Morpho epistrophus catenaria* voando lentamente ao longo desse trecho da estrada (**FIG. 165**).

Uma planta que também é muito abundante nesse trecho final é *Asclepias curassavica* (Asclepiadaceae; **FIG. 166-167**) que é visitada por muitas espécies de borboletas (**FIG. 168-169**). Apesar de tóxica e de ter um látex branco espesso, suas folhas são comidas por larvas de pelo menos três espécies de borboletas sendo as do gênero *Danaus* as mais comuns.

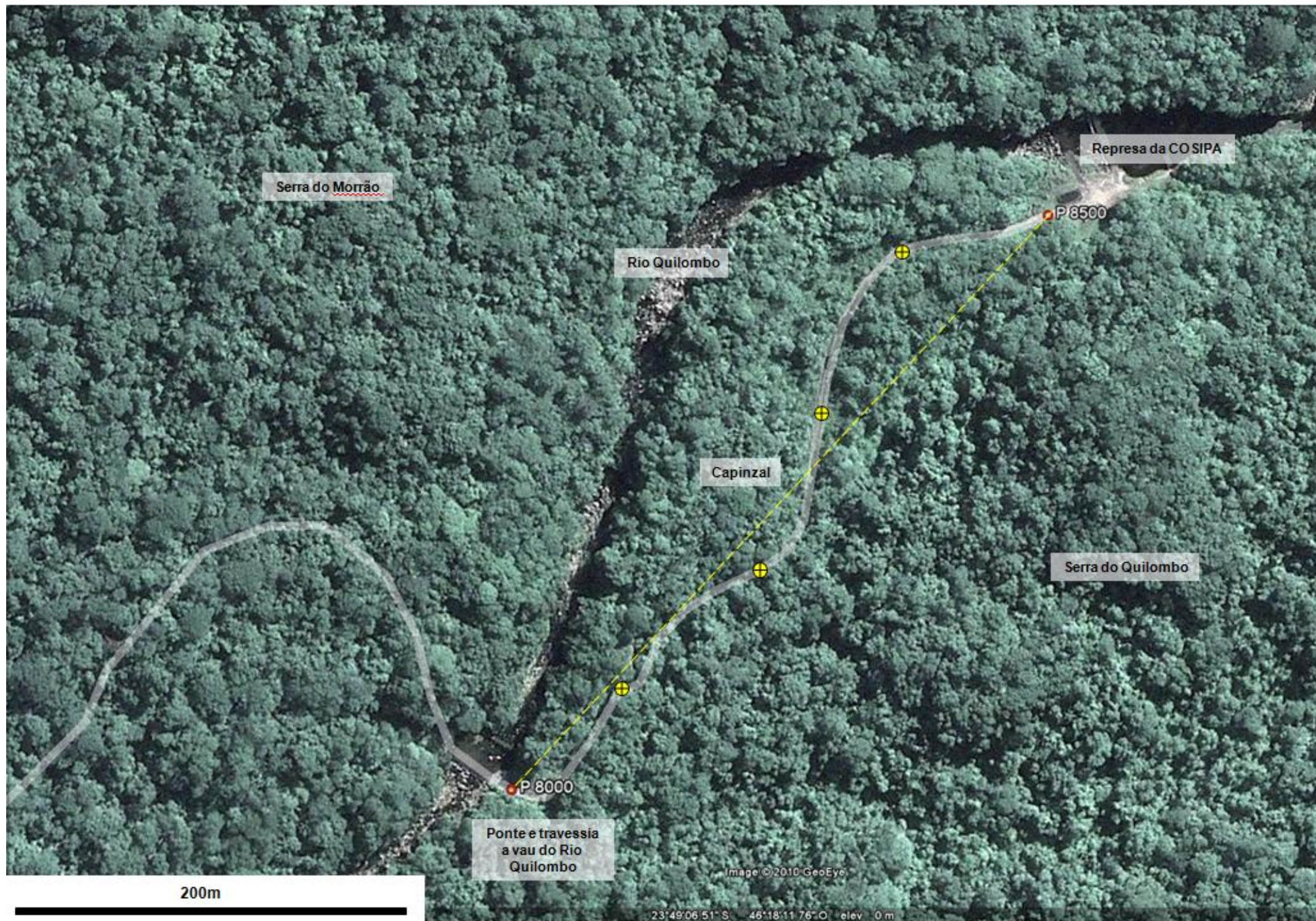



FIGURA 159. Foto aérea do segmento 17. Modificado de GOOGLE EARTH (2010).

FIGURA 160. Trecho 8.000 m na saída da passagem pelo rio.

JUN2005

FIGURA 161. Ponto de travessia à vau do Rio Quilombo no segmento 8000-8100.

MAI2008

FIGURA 162. Ponte sobre o Rio Quilombo. Nas épocas em que o capim estava baixo, a área amarela revelou-se uma daquelas onde sempre houve a presença de borboletas nectarívoras em *Bidens alba*.

FIGURA 163. Resto do recobrimento de concreto da estrada após a ponte sobre o Rio Quilombo no segmento 8.100 m.

MAI2008

FIGURA 164. *Ageratina conyzoides* (Asteraceae) e a borboleta *Placidina euryanassa*.

FIGURA 165. Durante abril é possível ver as grandes borboletas brancas *Morpho epistrophus catenaria* voando lentamente ao longo desse trecho da estrada.

AGO2005

FIGURA 166. *Asclepias curassavica* (Asclepiadaceae). (**A**) Aspectos das plantas. (**B**) Fruto verde e (**C**) maduro e (**D**) as sementes que são dispersas pelo vento que é uma das adaptações das plantas de ambientes mais abertos.

NOV2002

FIGURA 167. Um grupo de plantas *Asclepias curassavica* no entorno da estrada já nos 8.500 m.

JUL2008

FIGURA 168. Fêmea do itomíneo *Dircenna dero celtina* em flores de Asclepias curassavica.

JUN2005

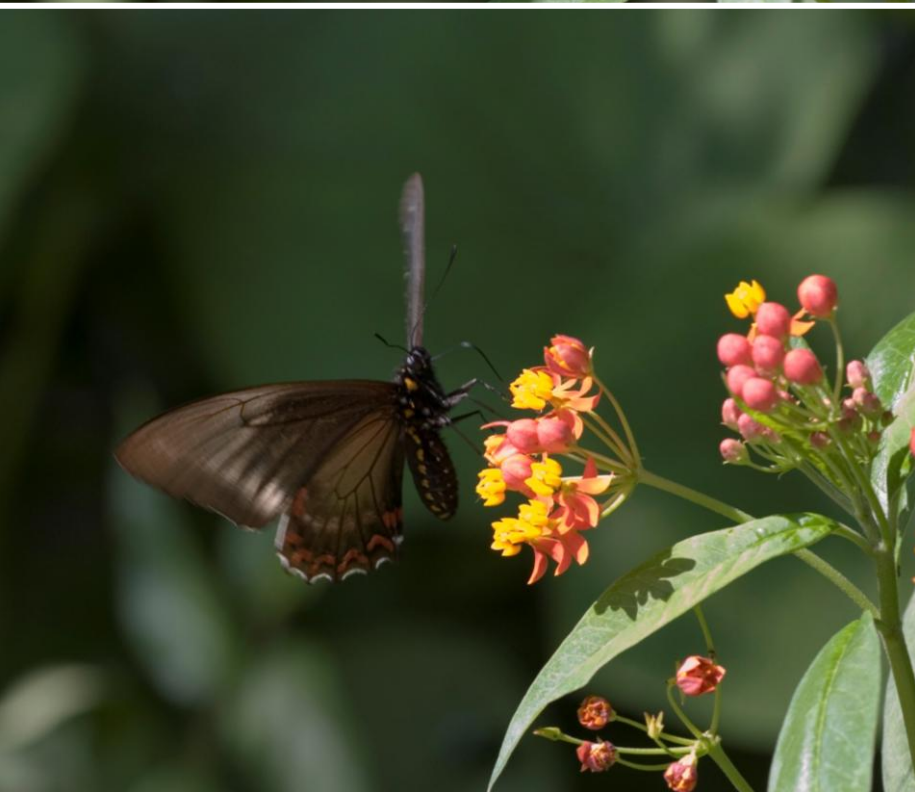



FIGURA 169. Sequência de alimentação do papilionídeo *Mimoides protodamas* em flores de *Asclepias curassavica*.

Neste último trecho, a estrada chega na adutora da USIMINAS e acaba em uma clareira (**FIG. 178-179**) onde as estruturas de captação (**FIG. 180-181**) não chegam a agredir a paisagem.

Como nesse ponto a vegetação está bem preservada (**FIG. 182-184**), na clareira é possível observar muitas espécies de borboletas em qualquer época do ano.

Esse ponto está a menos de 1.000 m em linha reta do alto da serra cuja encosta sul da vila de Paranapiacaba tem uma espécie endêmica e na lista das ameaçadas de extinção que é o ninfalídeo *Actinote zikani* que, junto com outras espécies desses topos, nunca foi vista aqui.

Infelizmente o turismo desenfreado de feriados e finais de semana estão degradando esse ponto como pode ser visto pelos restos e lixo deixados (**FIG. 185**).

JUL2005

FIGURA 178. O entorno da represa da USIMINAS no final da estrada.

MAI2008

FIGURA 179. O entorno da represa da USIMINAS no final da estrada. A barragem está indicada pela seta vermelha.

FIGURA 180. Vista da área da represa mostrando a vegetação florestada e o fundo do vale

FIGURA 181. Detalhe da figura anterior.

MAI2008

FIGURA 182. A encosta da Serra do Mar no entorno da adutora.

FIGURA 183. A encosta da Serra do Mar no entorno da adutora.

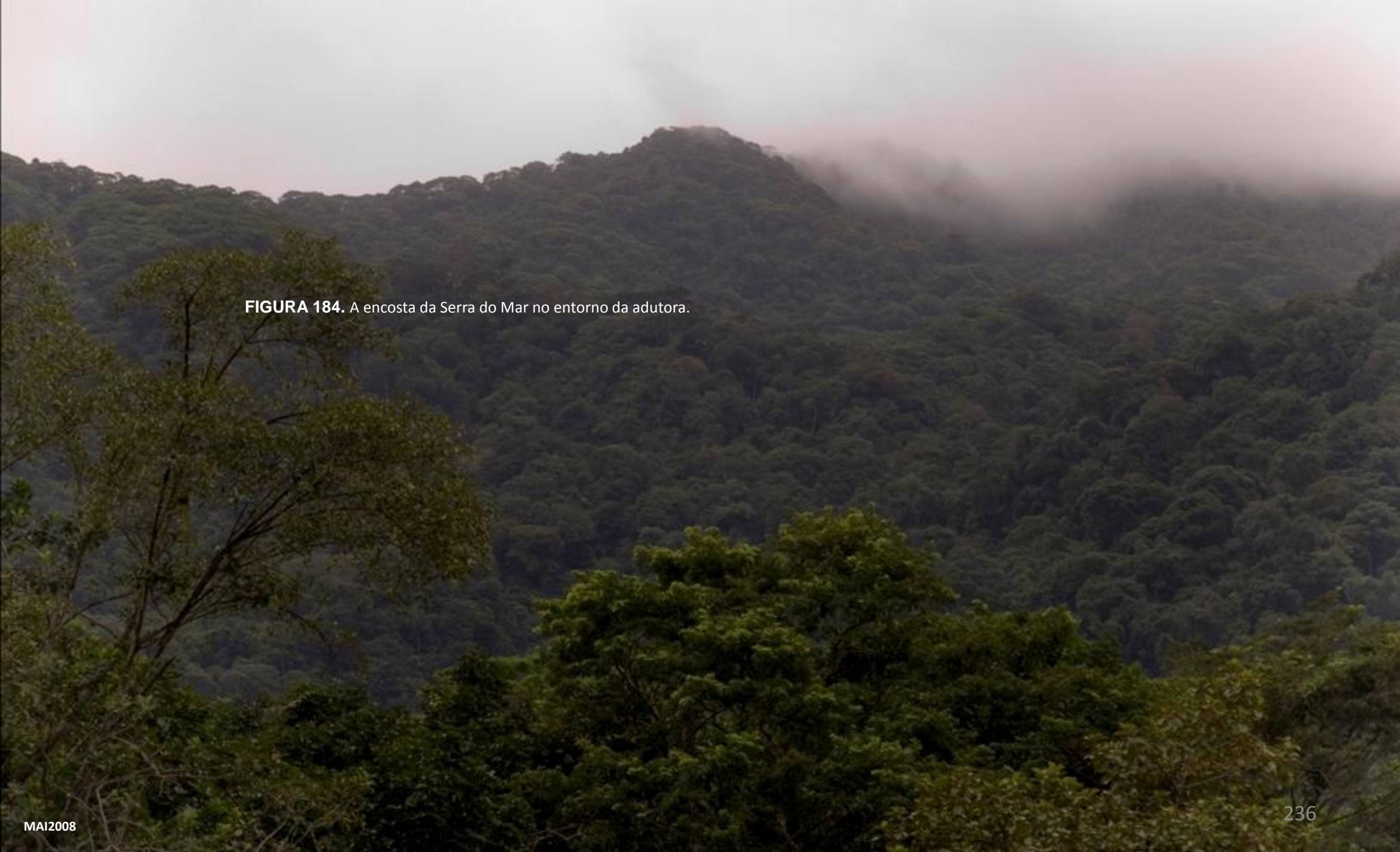



FIGURA 184. A encosta da Serra do Mar no entorno da adutora.

FIGURA 185. Restos de um feriado prolongado!

FEV2010

IMPACTOS OBSERVADOS

As observações feitas ao longo da estrada entre 2003 e 2010 mostraram que suas bordas são muito afetadas pelas ações antrópicas de corte e queimada.

Essas atividades influem muito a constituição da comunidade de borboletas presente em um ponto mas como ela é feita de maneira descontínua esses impactos acabam sendo diluídos.

O que acontece é que quando a vegetação de borda em um ponto é cortada, uma parte das larvas que estavam nas plantas é eliminada mas os adultos podem deslocar-se para outro ponto onde os recursos florais ainda estejam disponíveis.

Nessa gangorra contínua, cada população, é alterada de maneira diferente principalmente porque as densidades populacionais das espécies de plantas de alimento larval não são iguais.

Além desses impactos antrópicos localizados existem outros que são mais fortes. Um exemplo disso foi o período de janeiro-fevereiro de 2006 quando foram feitas obras na barragem de captação de água existente no final da estrada.

Essas obras de recuperação da adutora, na época ainda da COSIPA, feita pela empresa Themag Engenharia consistiram na substituição de dutos antigos por tubos de aço, com diâmetro de 500 mm e 10.200 m de extensão.

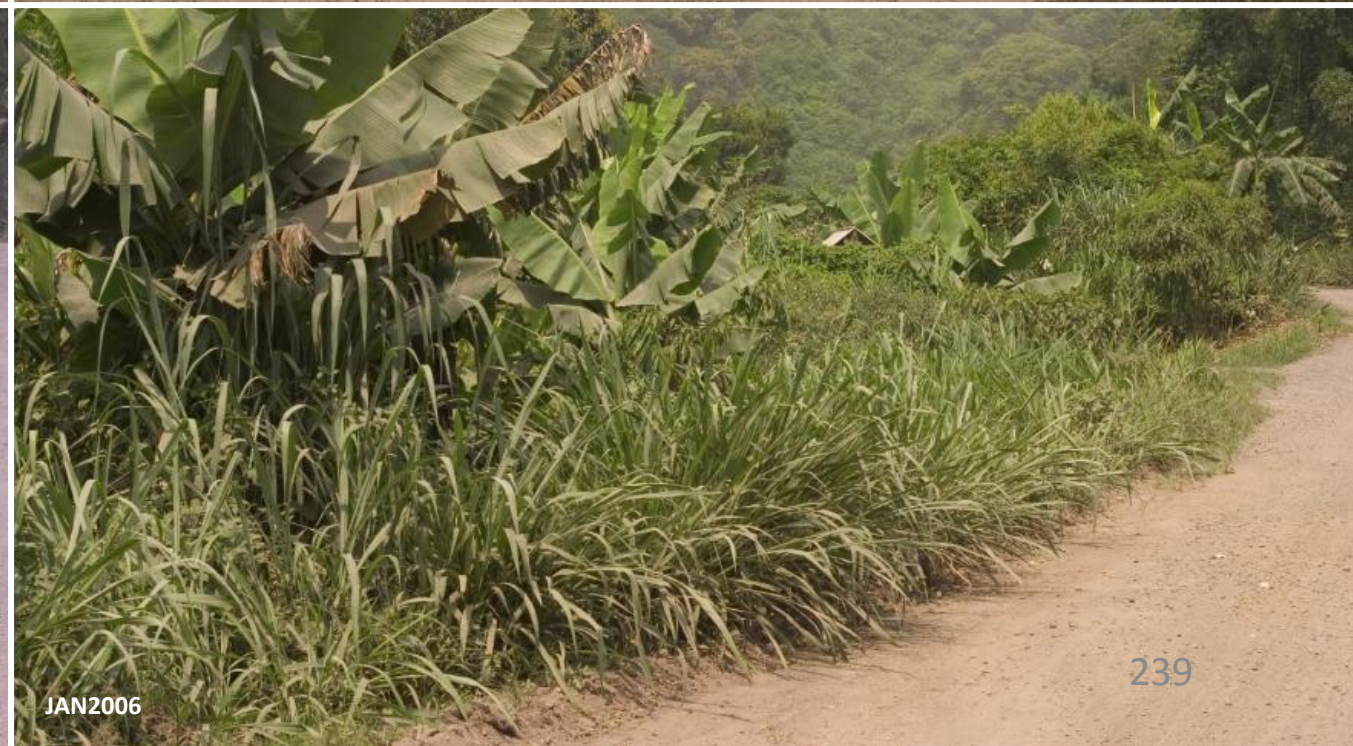
Para permitir a passagem contínua de caminhões com aterro toda a estrada foi aplainada por trator e suas bordas sofreram uma diminuição de pelo menos 1 m de cada lado. Além disso, quando ficava mais do que três dias sem chuva a quantidade de poeira levantada pelos caminhões com carga era bastante alta que levou cerca de três meses para ser eliminada totalmente pelas chuvas (**FIG. 186-190**).

Finalmente existem os efeitos causados pelas alterações climáticas anormais que vêm acontecendo nos últimos anos. Elas fazem com que os períodos que deveriam ser mais secos tenham sido mais chuvosos e aqueles que deveriam ser mais úmidos tenham sido mais secos.

JAN2006

FIGURA 186. Poeira levantada pelo fluxo contínuo de caminhões devido às obras ocorridas na adutora no final da estrada.

JAN2006

JAN2006

JAN2006

JAN2006

FIGURA 187. Detalhe de uma das bordas com capim recoberto pela poeira.

FIGURA 188. Detalhe de uma das bordas com capim recoberto pela poeira.

JAN2006

FIGURA 189. Detalhe de uma das bordas mostrando a poeira no ar mesmo em áreas onde a umidade do solo era alta indicada pela presença do lírio-do-brejo.

JAN2006

FIGURA 190. Detalhe de uma das bordas mostrando a deposição de poeira sobre a vegetação.

JAN2006

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

Capítulo 4

Formas e cores das asas das borboletas

BORBOLETAS

As borboletas são insetos da ordem Lepidoptera que é a segunda em número com aproximadamente 130.000 espécies conhecidas. Elas são encontrados em quase todas as regiões do planeta, mas o maior número de espécies está nas regiões tropicais.

De todos os insetos voadores com grandes asas as borboletas são, sem dúvida, aqueles mais aparentes a um observador humano. E esta conspicuidade aliada às formas e cores da asas que fizeram com que esse grupo de insetos fosse o menos rejeitado pelas pessoas, principalmente pelas crianças. É difícil achar alguém (que não seja biólogo) que não ache uma borboleta bonita (**FIG. 191**).

Aqui, na região da Baixada Santista, sempre que um curioso me vê com uma rede coletando borboletas ele geralmente fala "lá atrás eu vi uma azulona rara que o sr. devia pegar", referindo-se ao *Morpho helenor achilaena*, muito comum por aqui, ou então "lá atrás nós vimos um bando de amarelinhas no chão que foram espantadas quando o carro passou", referindo-se às espécies de pierídeos amarelos e brancos que ficam sugando líquidos no solo.

Os tamanho das borboletas pode variar entre uma envergadura alar de 10 mm em alguns licenídeos pequenos até mais de 200 mm, em alguns exemplares de borboletas dos gêneros *Morpho* ou *Caligo*.

As larvas da maioria das espécies alimentam-se de diferentes tipos de tecido vegetal mas poucas são pragas agrícolas importantes. Exceto pelos acidentes ocasionados pelo contato com lagartas urticantes de algumas espécies (mais comum em mariposas), elas não causam danos aos seres humanos ou são vetores de suas doenças. Por outro lado, os adultos de muitas espécies são importantes dentro de comunidades biológicas por serem polinizadores específicos de certas espécies de plantas.

Os estudos feitos com diferentes grupos de borboletas serviram para aumentar muito o conhecimento que hoje temos sobre questões biológicas importantes, como por exemplo, as teorias de seleção natural através do mimetismo, que tanto contribuíram para o entendimento do processo da evolução.

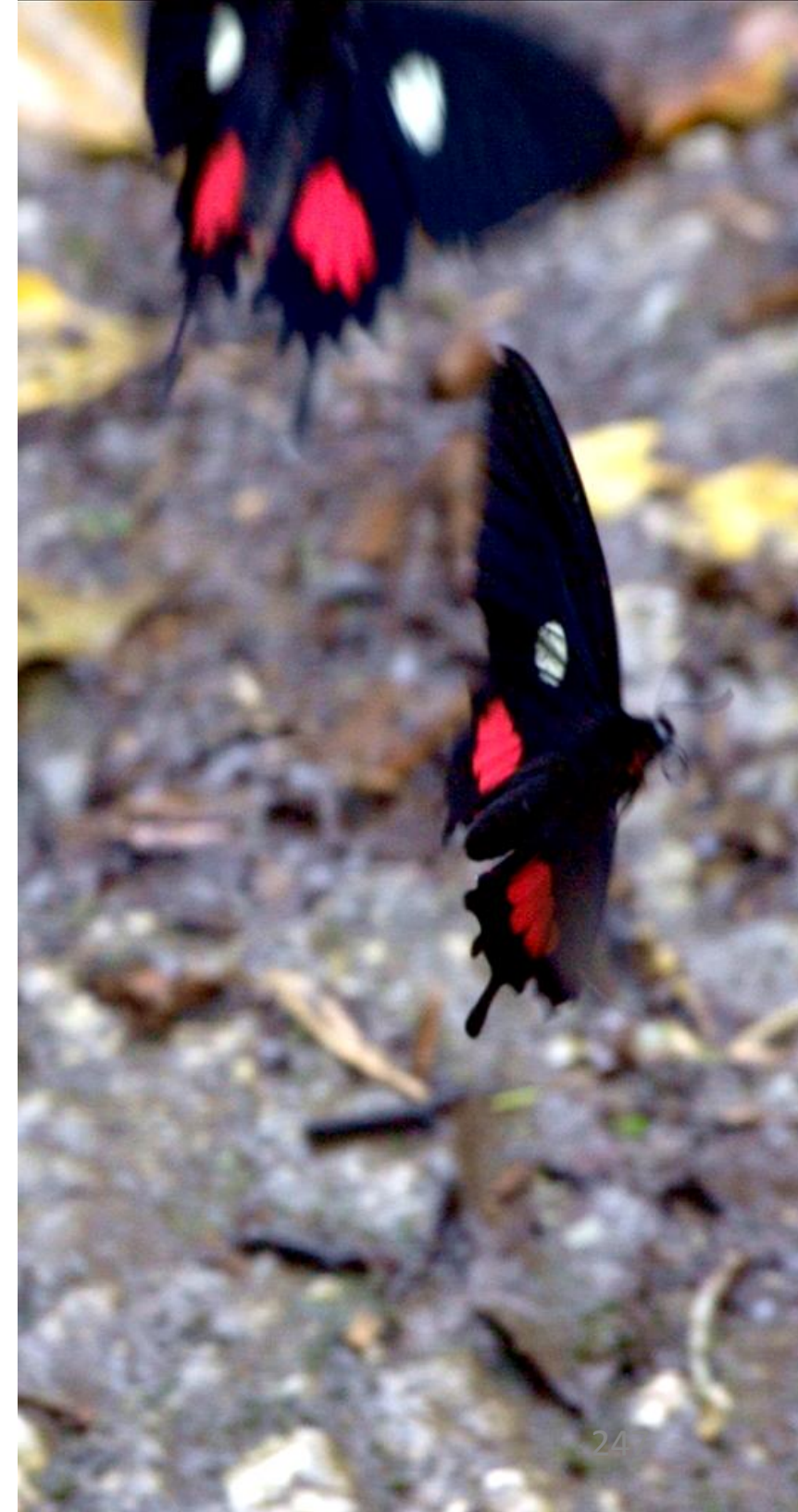



FIGURA 191. Uma borboleta típica, o ninfalídeo coeíneo *Historis odius dious*, alimentando-se no chão da estrada.

Inferindo-se pela distribuição das famílias atuais, provavelmente os lepidópteros mais antigos surgiram entre 100-80 milhões de anos antes do presente, no período Cretáceo, juntamente com o aparecimento da maior parte das plantas com flores. Admitindo-se a deriva continental como um fenômeno real, teríamos a geografia do planeta no Cretáceo muito diferente da atual, como por exemplo, o início do desmembramento da América do Sul e África. Os poucos fósseis conhecidos de lepidópteros não apresentam diferenças significativas das espécies atuais, os mais antigos datando de uns 48 milhões de anos.

A maioria dos autores chama de borboletas aos lepidópteros pertencentes às superfamílias Papilionoidea e Hesperioidea. O termo mariposa, usado para indicar lepidópteros que voam à noite é de uso generalizado mas não muito correto. Várias espécies de mariposas voam de dia e se parecem muito com borboletas e outras de borboletas têm hábitos crepusculares ou noturnos.

O número de espécies de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea) conhecidas para região neotropical é de 7784. Desse total as famílias Nymphalidae e Hesperiidae têm 61% das espécies sendo seguidas por Riodinidae e Lycaenidae com 32%. Os Papilionidae e os Pieridae são as duas famílias menores com apenas 6% do total de espécies (**FIG. 192**).

A região do litoral de São Paulo, de Mongaguá até Bertioga tem 538 espécies de borboletas que representa uns 16% do total de espécies de borboletas brasileiras ou 34% do total conhecido para o Estado de São Paulo. Desse total 63% são Papilionoidea e 37% Hesperioidea e a área do Vale do Rio Quilombo tem mais de 350 dessas espécies.

2% 4% 15% 17% 31% 30%

HESPERIIDAE	2365
RIODINIDAE	1324
PAPILIONIDAE	141
PIERIDAE	339
LYCAENIDAE	1182
NYMPHALIDAE	2433
TOTAL	7784

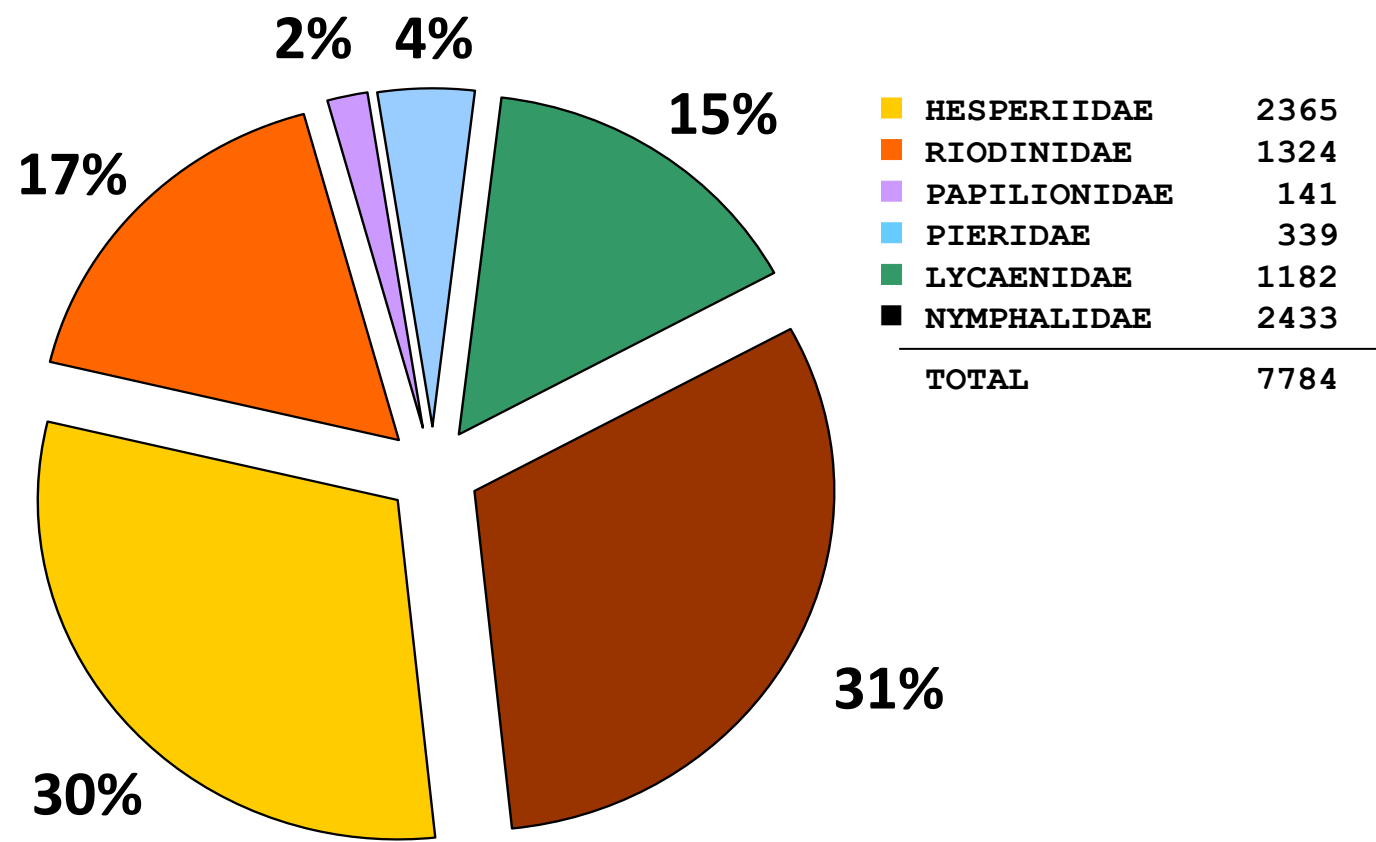



FIGURA 192. Número de espécies de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperiioidea) das seis famílias conhecidas para Região Neotropical .

Algumas espécies são muito comuns ao longo da estrada (**FIG 193**) e podem ser vistas durante quase todo o ano em dias ensolarados. Desse conjunto apenas *Morpho* não se alimenta em flores mas é tão visível com o seu vôo pausado que foi incluído na lista.

Para facilitar a observação e identificação das borboletas foi construída uma chave de identificação que permite separar as borboletas dos outros lepidópteros e reconhecer as famílias da superfamília Papilionoidea (**FIG. 194-209**).

1. *Heliconius erato phyllis* (Fabricius, 1775)
2. *Morpho helenor achillaena* (Hübner [1823])
3. *Mechanitis lysimnia lysimnia* (Fabricius, 1793)
4. *Anartia amathea roeselia* (Eschscholtz, 1821)
5. *Tegosa claudina* (Eschscholtz, 1821)
6. *Danaus erippus* (Cramer, 1775)
7. *Archonias brassolis tereas* (Godart, 1819)
8. *Phoebis phileaa philea* (Linnaeus, 1763)
9. *Actinote pellenea pellenea* Hübner, [1821]
10. *Dryas iulia alcionea* (Cramer, 1779)

FIGURA 193. As 10 espécies mais comuns e aparentes ao longo da estrada durante quase todo ano.

Chaves de Identificação das famílias de borboletas que ocorrem no Vale do Rio Quilombo, Santos, SP

CHAVE PARA SEPARAR BORBOLETAS (HESPERIIOIDEA e PAPILIONOIDEA) DE OUTROS LEPIDÓPTEROS QUE OCORREM No VALE DO RIO QUILOMBO

(1A) A antena é filiforme e tem o ápice conspicuamente dilatado sem pincel de pelos.(**FIG. 194**)....Borboletas e hesperídeos. ....(**2**)

(1B) A antena é filiforme, plumosa ou com ápice dilatado mas sempre apresenta um pincel de pelos.(**FIG. 195-196**)....Outros lepidópteros que não borboletas.

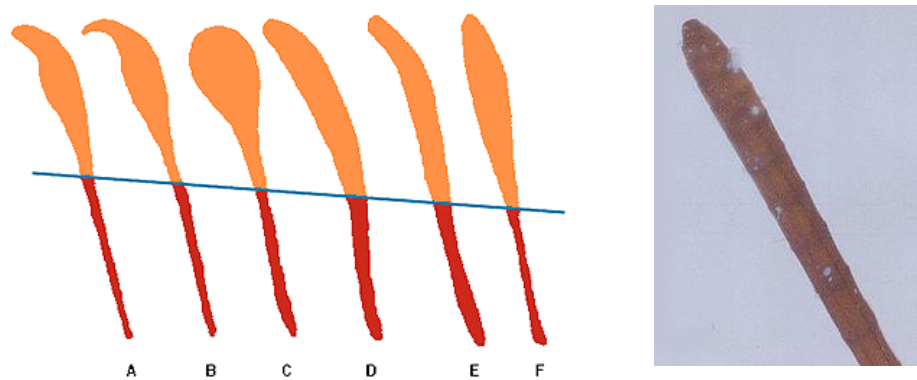



FIGURA 194. Esquema diagramático das antenas filiformes, com o ápice conspicuamente dilatado e sem pincel de pelos comuns, em borboletas (PAPILIONOIDEA) e hesperídeos (HESPERIIOIDEA). A região apical está representada pela cor alaranjada e a basal pela cor vermelha. A foto da direita mostra o ápice da antena de um PAPILIONOIDEA.

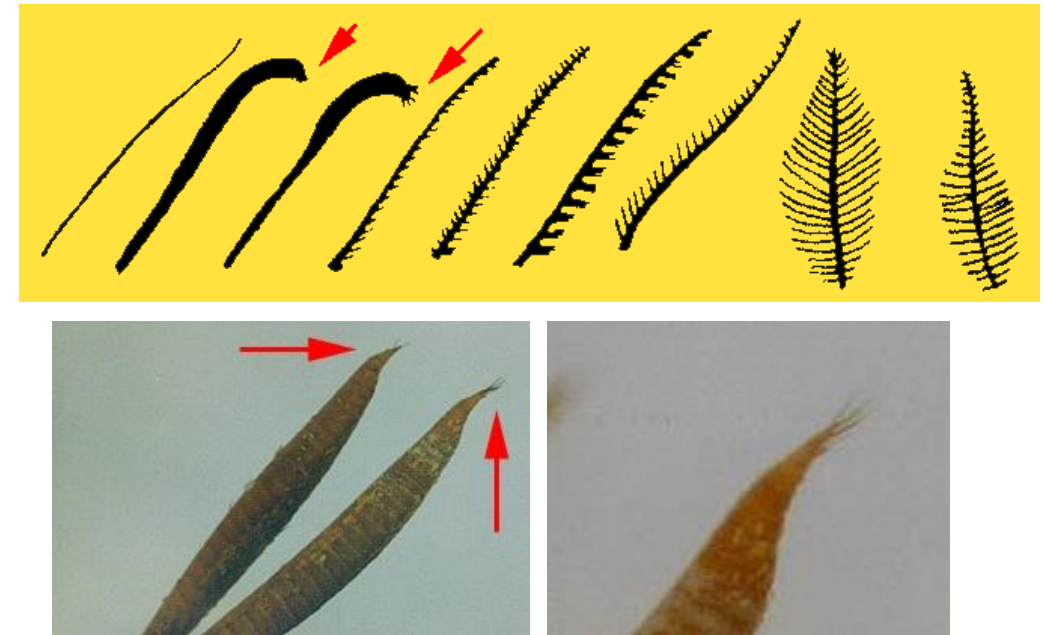



FIGURA 195. Antena de lepidópteros não hesperióideos e papilionóideos, com aspecto que pode ser filiforme, plumoso ou até mesmo com o ápice dilatado. Neste último caso, no entanto, a região apical (setas vermelhas) apresenta um pincel de pelos visível com uma lupa de mão com aumento de pelo menos 5X.

FIGURA 196. Um lepidóptero de vôo diurno que é fácil de ser confundido com uma borboleta devido ao padrão geral ser parecido. A antena é filiforme e o ápice é dilatado mas há o pincel de pelos mostrado na figura 195.

Castinia lycus (Castniidae).

CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO DAS SUPERFAMÍLIAS DE BORBOLETAS QUE OCORREM NA BAIXADA SANTISTA

(2A) Ápice da antena com dilatação em forma de taco de golfe afilada na extremidade (**FIG. 1 A-B e 5-6**) e todas as veias da asa anterior saindo de pontos diferentes da célula discal praticamente sem dicotomias (**FIG. 197 HESPERIIDAE**).....**HESPERIIOIDEA**

(2B) Ápice da antena com dilatação não em forma de taco de golfe (**FIG. 198-199**) e com algumas veias da asa anterior saindo de outras, formando dicotomias (**FIG. 197 NYMPHALIDAE**)..........**PAPILIONOIDEA**........**(3)**

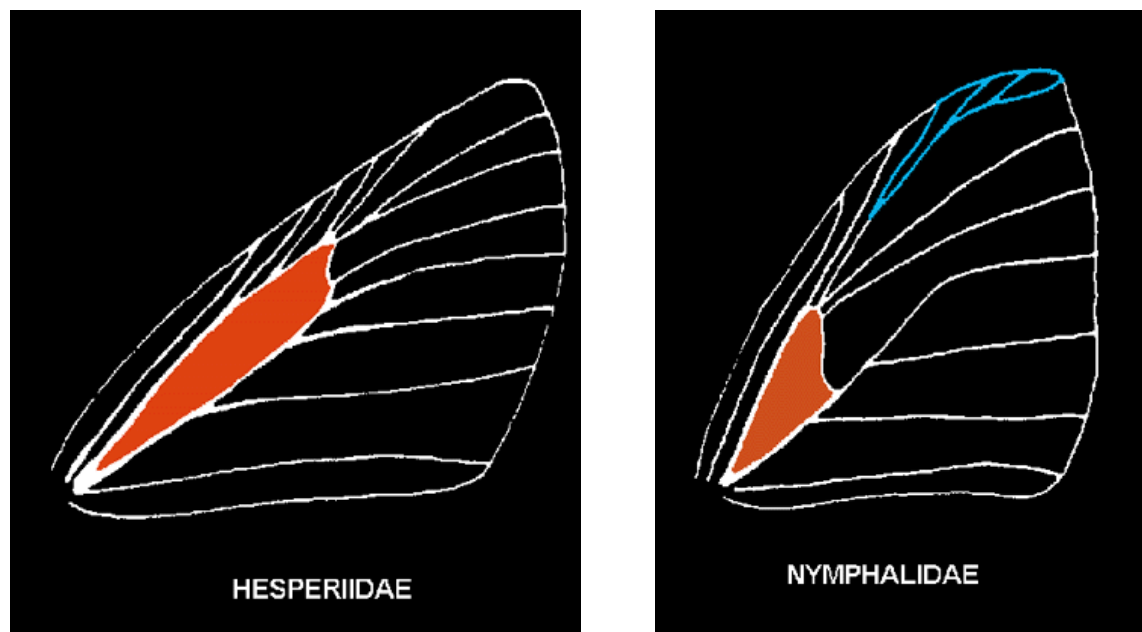



FIGURA 197. Venação das asas de lepidóptero hesperióideo (HESPERIIDAE) e papilionóideo (NYMPHALIDAE) mostrando a célula discal em vermelho e as dicotomias dos papilionóideos em azul.

FIGURA 198. Uma borboleta hesperióidea pousada mostrando o ápice das antenas em forma de taco de golfe.

FIGURA 199. Duas borboletas hesperióidea pousadas mostrando o ápice das antenas em forma de taco de golfe.

(3A) Olhos compostos com a borda externa descontínua, emarginados pelas antenas (**FIG. 200 LYC; 201**) os três pares de pernas desenvolvidos (**FIG. 202**)...**LYCAENIDAE - RIODINIDAE**

(3B) Olhos compostos com a borda externa contínua, não emarginados pelas antenas (**FIG. 200 OUT**)...**OUTROS PAPILIONOIDEA**...........**4**

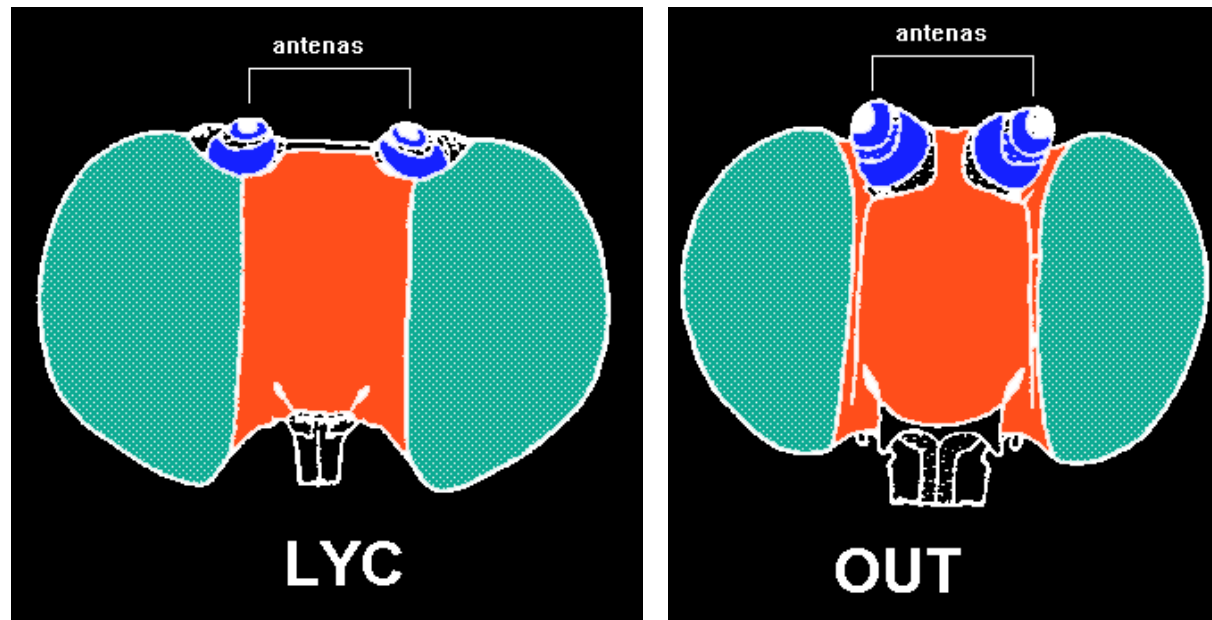
antenas
LYC

antenas
OUT

FIGURA 200. Inserção das antenas em borboletas das famílias Lycaenidae e Riodinidae (LYC) e nas outras famílias (OUT).

ABRIL 2010

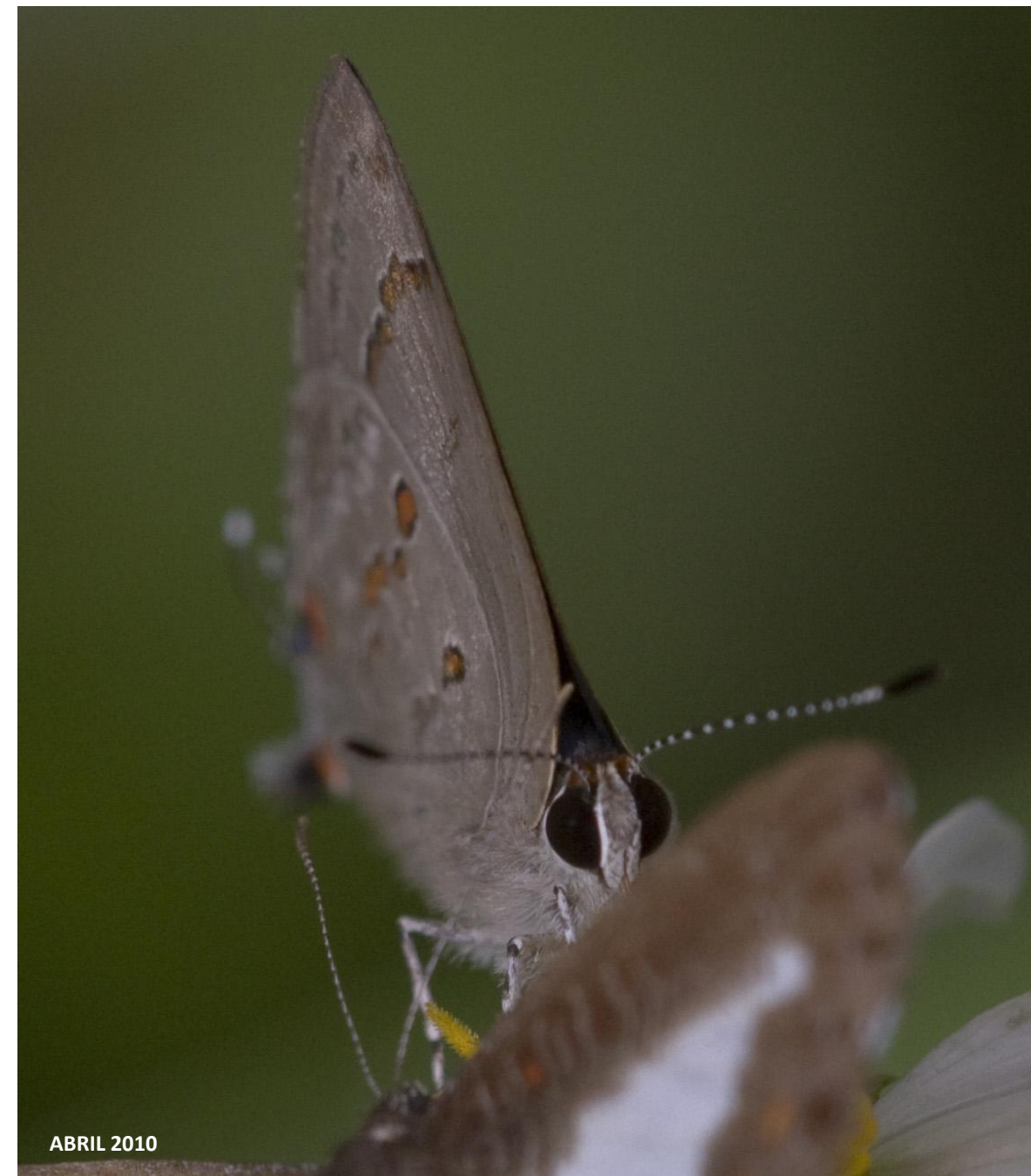



FIGURA 201. Borboleta licenídea mostrando a inserção das antenas.

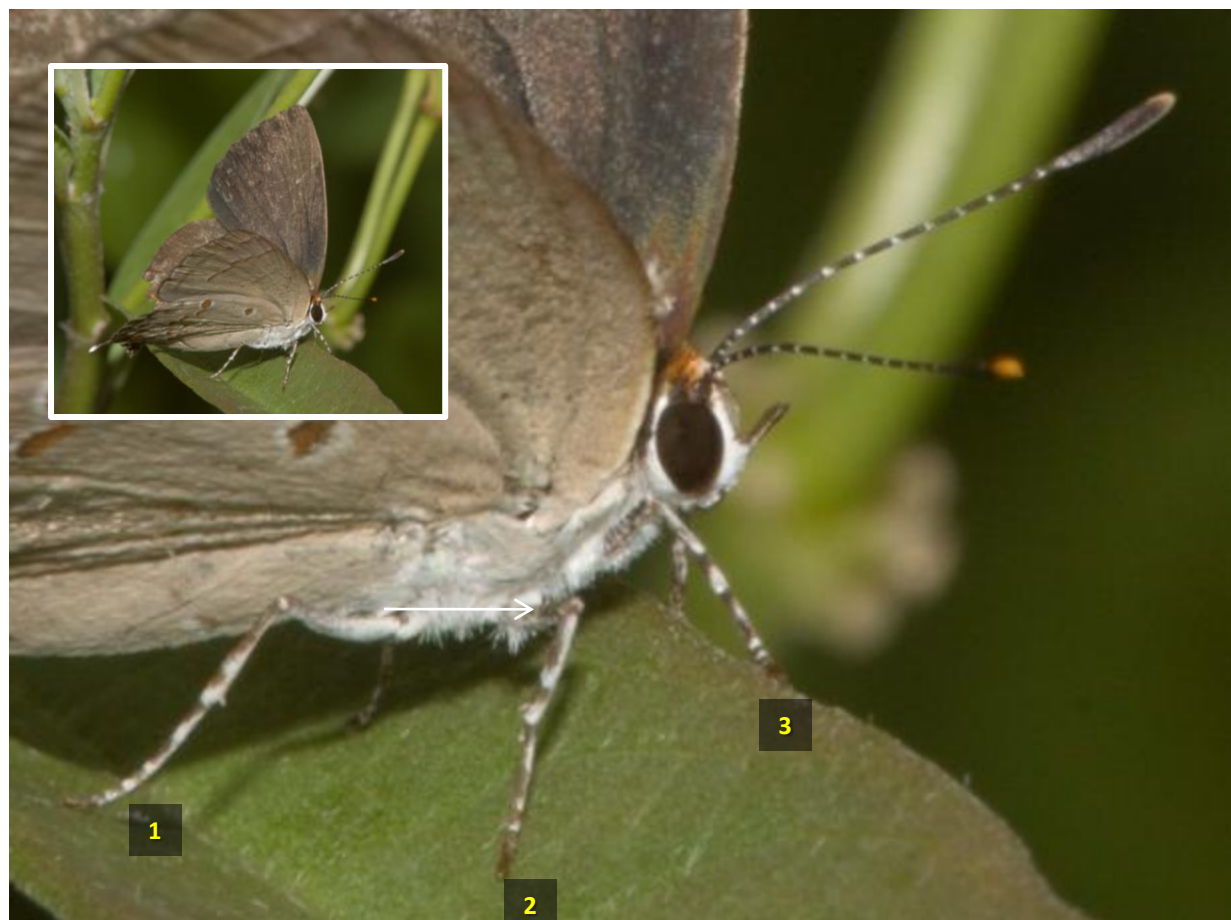



FIGURA 202. Pernas de dois Lycaenidae mostrando o desenvolvimento completo das três pernas do par direito (em cima) e do lado esquerdo (em baixo).

CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO DAS FAMÍLIAS DE BORBOLETAS PAPILIONÓIDEAS QUE OCORREM NA BAIXADA SANTISTA

(4A) Pernas protorácicas pouco desenvolvidas, desprovidas de garras e bem menores do que as posteriores (**FIG. 203 NYMPHALIDAE ; 204, 205**)....**NYMPHALIDAE**

(4B) Pernas protorácicas com desenvolvimento igual ou quase igual às posteriores e providas de garras (**FIG. 203 PAPILIONIDAE; 206-207**)..**PAPILIONIDAE** e **PIERIDAE**..........**5**

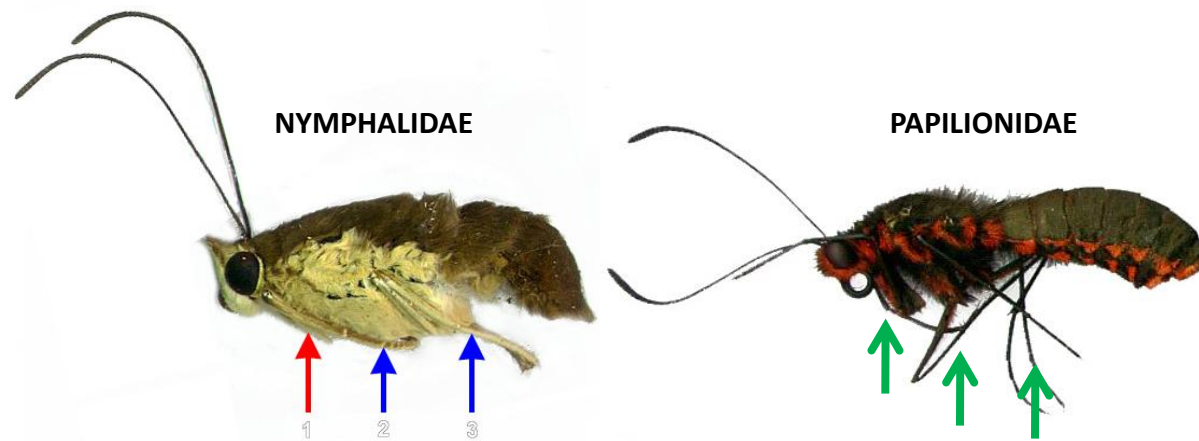



FIGURA 203. Vista lateral do corpo de um ninfalídeo (NYMPHALIDAE) e de um papilionídeo (PAPILIONIDAE) mostrando o pequeno desenvolvimento (seta s azuis) das pernas anteriores (seta vermelha) do primeiro e o desenvolvimento por igual nos três pares do último (setas verdes).

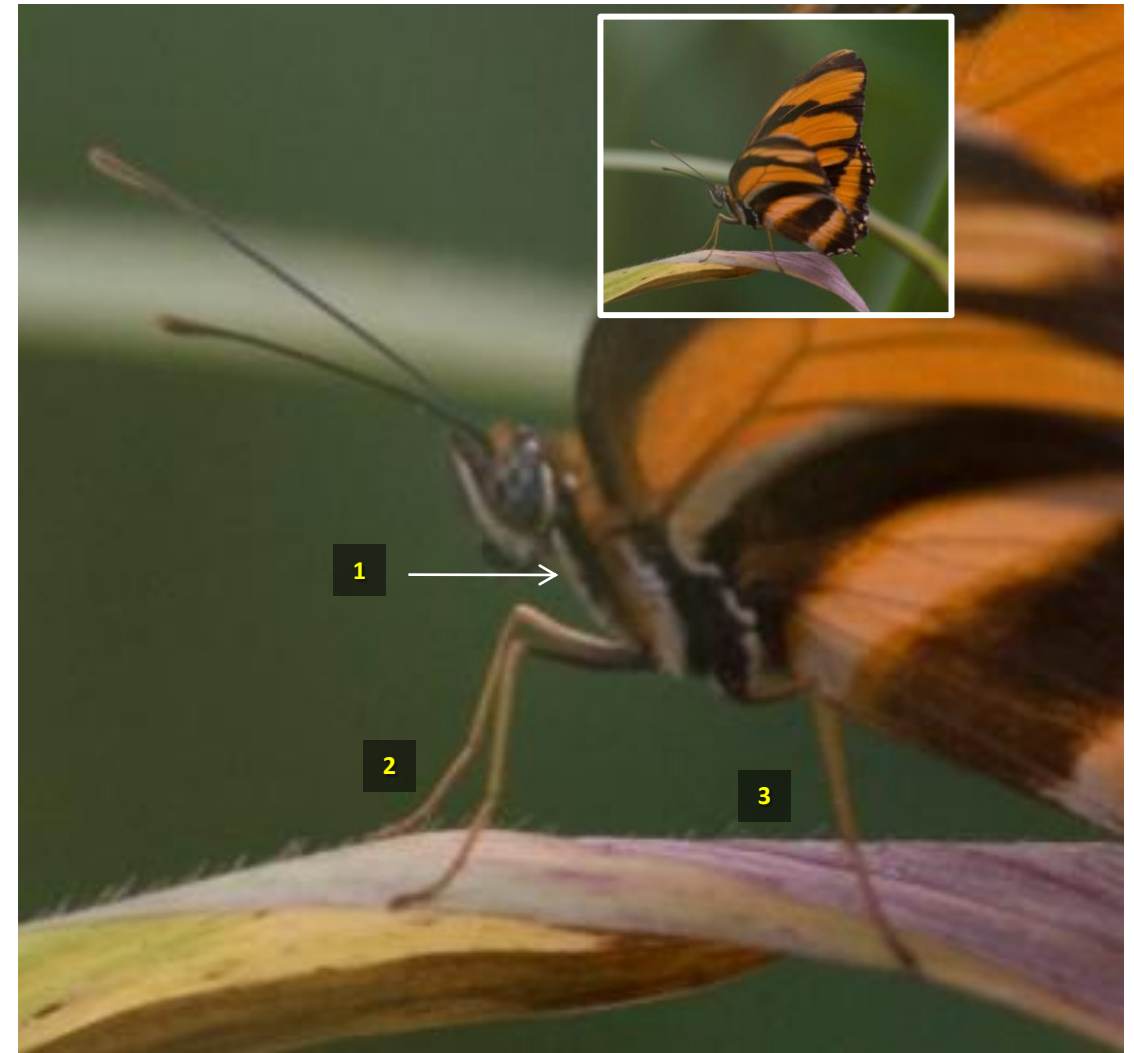



FIGURA 204. Pernas de indivíduo de Nymphalidae mostrando que o primeiro par (1), indicado pela seta, fica recolhido junto ao tórax e só as pernas do segundo e terceiro par são usadas para andar.

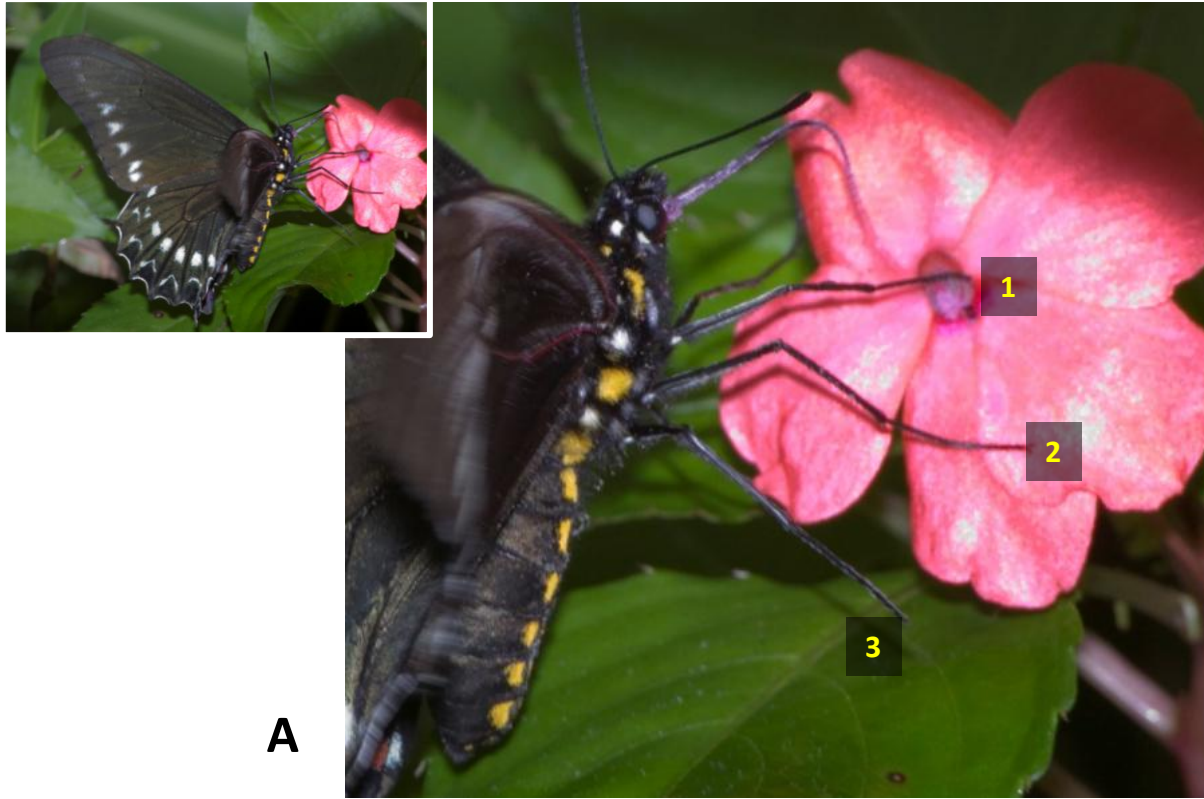
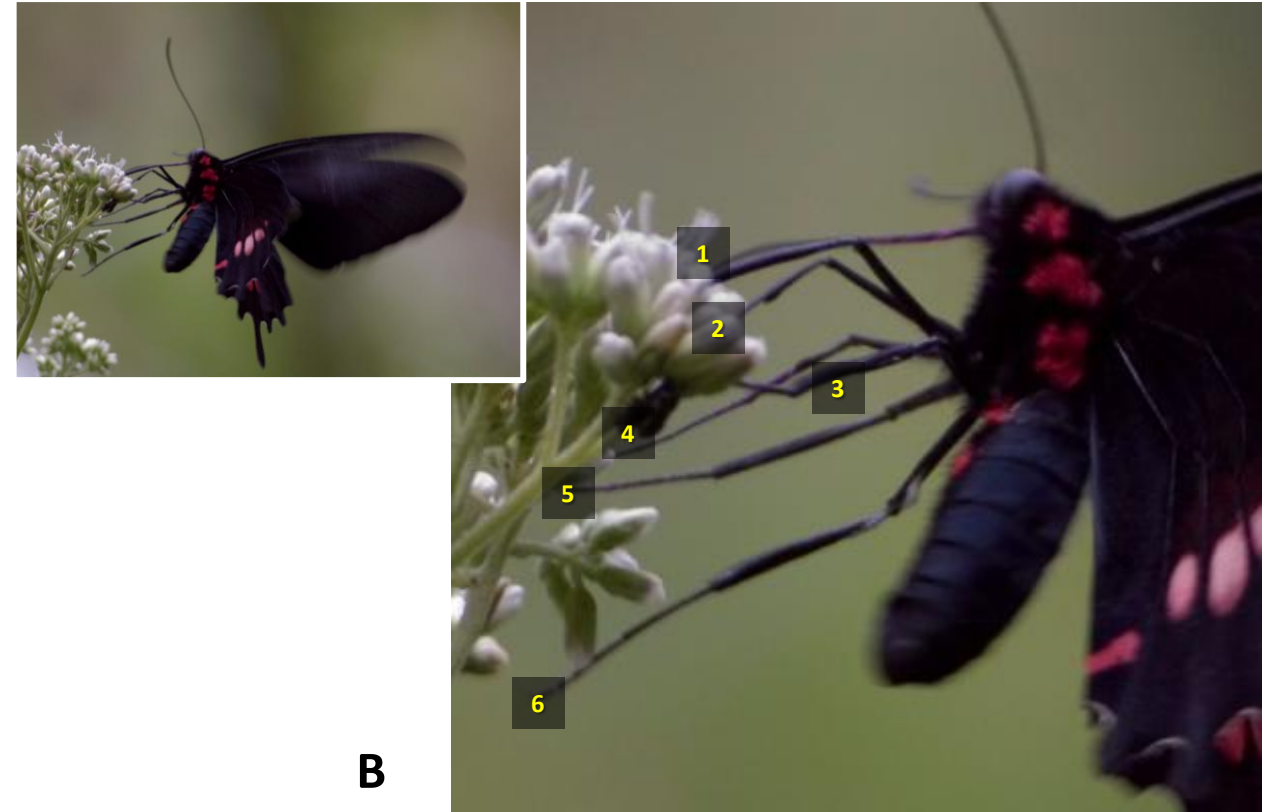
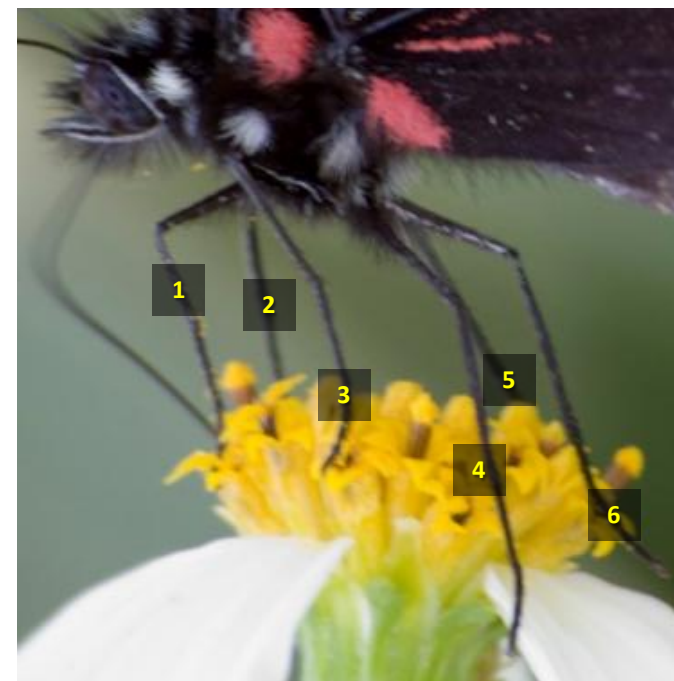
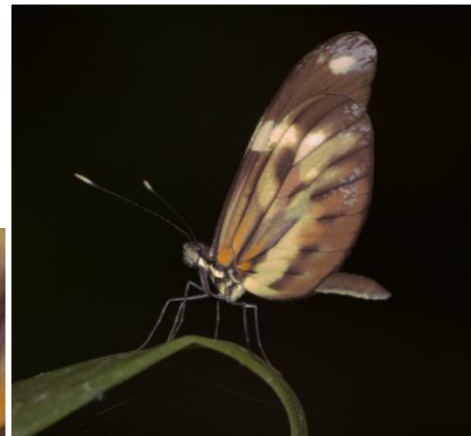
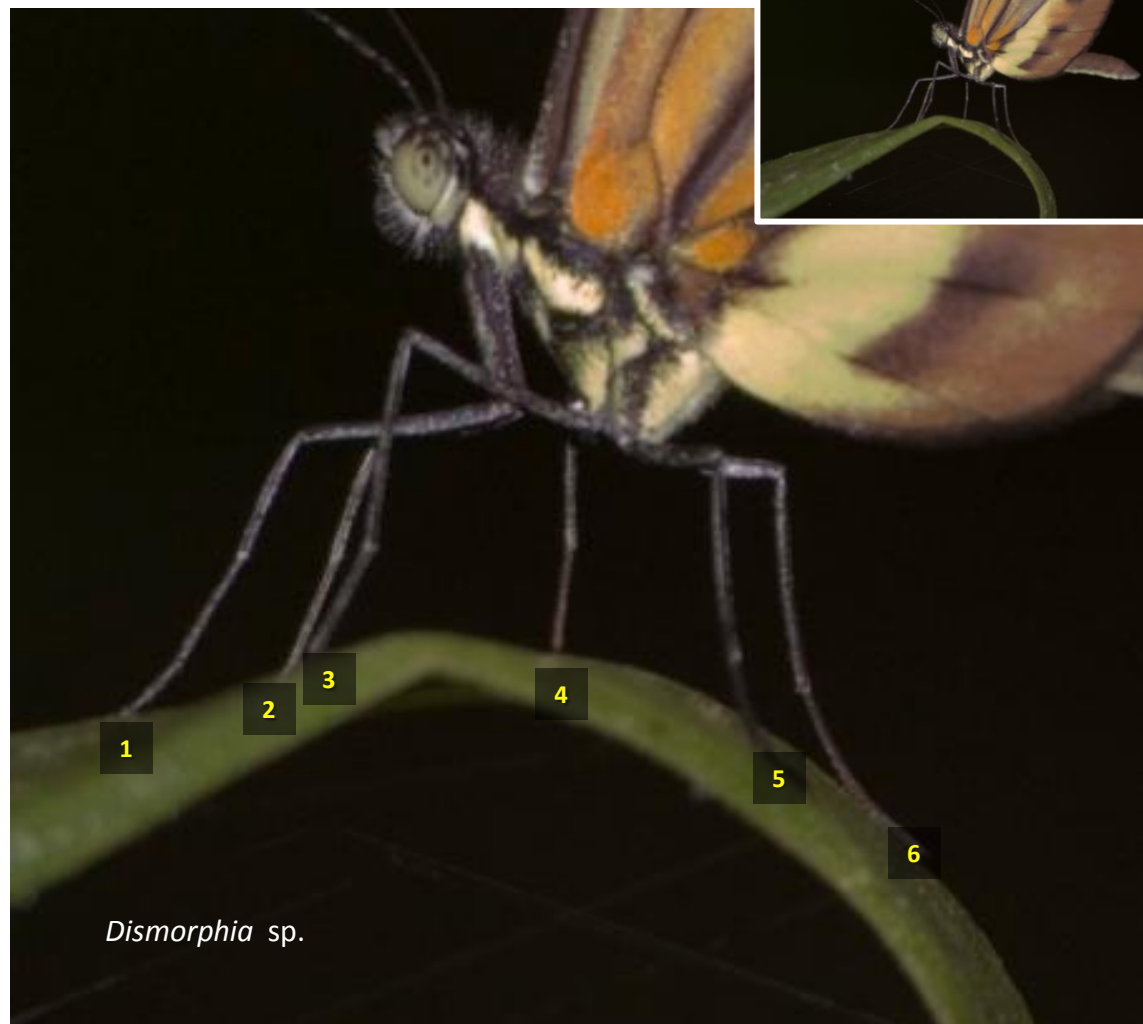
FIGURA 205. Pernas de indivíduo de Nymphalidae mostrando que o primeiro par, indicado pela seta, fica recolhido junto ao tórax e só as pernas do segundo e terceiro par são usadas para andar.

A

B

FIGURA 206. Dois Papilionidae mostrando o desenvolvimento por igual das seis pernas. Em (A) apenas o par direito é visível mas em (B) todas as seis pernas podem ser vistas.

Dismorphia sp.

Archonias brassolis tereas

Leptophobia arista balidia

FIGURA 207. Pierídeos pousados mostrando as seis pernas bem desenvolvidas.

(5A) Veia anal (vanal) da asa posterior (**FIG. 208 PAP**) com apenas um ramo e tíbia da perna anterior com epífise (**FIG. 209 PAP**)...**PAPILIONIDAE**

(5B) Veia anal (vanal) da asa posterior (**FIG. 208 PIE**) com dois ramos e perna anterior com as tíbias sem epífise (**FIG. 209 PIE**)...**PIERIDAE**

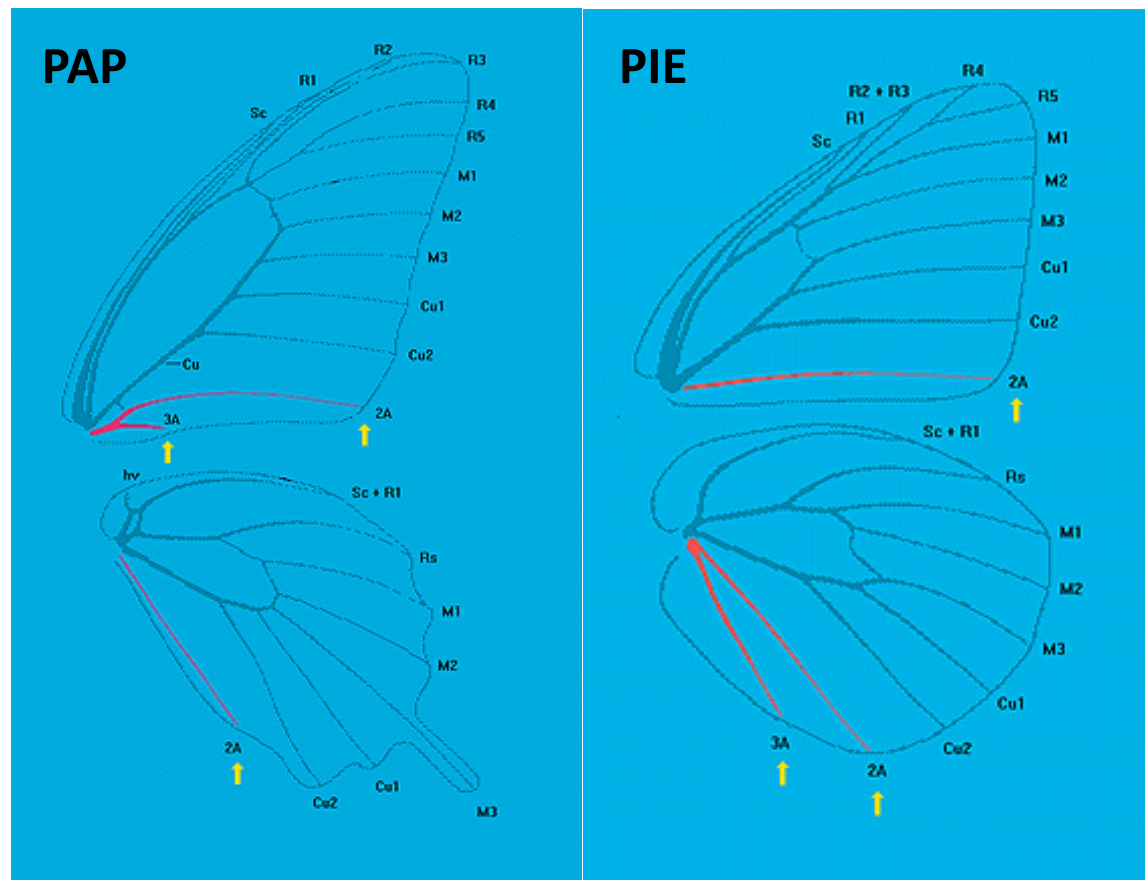



FIGURA 208. Venação de Papilionidae (PAP) e de Pieridae (PIE) mostrando as diferenças diagnósticas.

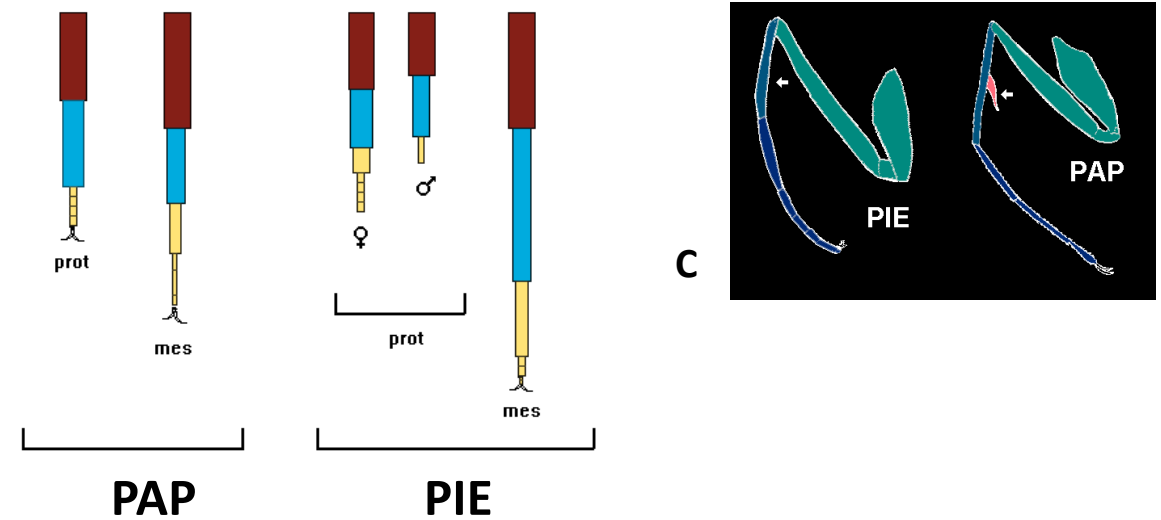



FIGURA 209. Esboço diagramático das pernas protorácicas (prot) e mesotorácicas (mes) de Papilionidae (**PAP**) e Pieridae (**PIE**) mostrando no detalhe as pernas bem desenvolvidas e a ausência da epífise em Pieridae (**PIE**) e a presença dela em Papilionidae (**PAP**).

AS CORES DAS BORBOLETAS

As borboletas são organismos diurnos que tem asas com superfícies relativamente grandes geralmente recobertas pelas escamas que caracterizam os insetos lepidópteros. Uma consequência disso foi o surgimento de padrões de coloração que foram sendo selecionados ao longo da evolução do grupo.

Existem forças externas que determinam para onde caminha o padrão de cores de uma espécie de borboleta. A primeira atua devido às necessidades que as borboletas têm em regular sua temperatura, a segunda de se proteger contra predadores e terceira de se reproduzir (**FIG. 210**).

Além dessas forças seletivas externas existe ainda uma barreira interna que é imposta pela estrutura genética. Dependendo dela, nem todas as respostas necessárias às mudanças poderão ser obtidas na velocidade necessária à evolução fazendo com que na presença de mudanças ambientais drásticas muitos indivíduos pereçam.

Os diferentes comprimentos de onda do espectro visível que determinam as cores estão presentes em quantidades diferentes na luz solar (**FIG. 211**). Além disso, algumas espécies de borboletas e também de seus predadores podem enxergar na região do ultravioleta.

As cores do corpo de uma borboleta podem ser produzidas por dois meios diferentes: um físico e outro químico. Em muitas espécies o padrão de cor pode ser uma mistura desses dois.

As cores que têm uma origem química (**FIG. 211**) são derivadas de pigmentos formados por substâncias como as pterinas, a melanina e alguns aminoácidos.

As cores físicas (**FIG. 211; 212 A**) são produzidas por fenômenos físicos derivados da natureza geométrica da luz, como a refração, ou da natureza ondulatória, como a difração, a interferência ou a dispersão.

Quando a luz atinge as asas ela passa pelas escamas microscópicas (**FIG 213**) que possuem estrias longitudinais e transversais que são submicroscópicas provocando os fenômenos descritos anteriormente.

Neste caso, a cor que será visível dependerá do ângulo do observador em relação à asa (**FIG. 215**). Não parece haver uma tendência filogenética na determinação de cor nos diferentes grupos. Assim, a cor vermelha, por exemplo pode aparecer em espécies de qualquer uma das famílias (**FIG. 214**).

Espécies de ambientes mais frios geralmente têm um recobrimento mais denso de escamas enquanto algumas do interior de florestas tropicais úmidas e quentes podem ter grandes áreas das asas sem recobrimento de escamas que, nestes casos, podem ter sido transformadas em pelos.

MIMETISMO

Proteção contra predação

CAMUFLAGEM

Termoregulação

Reprodução

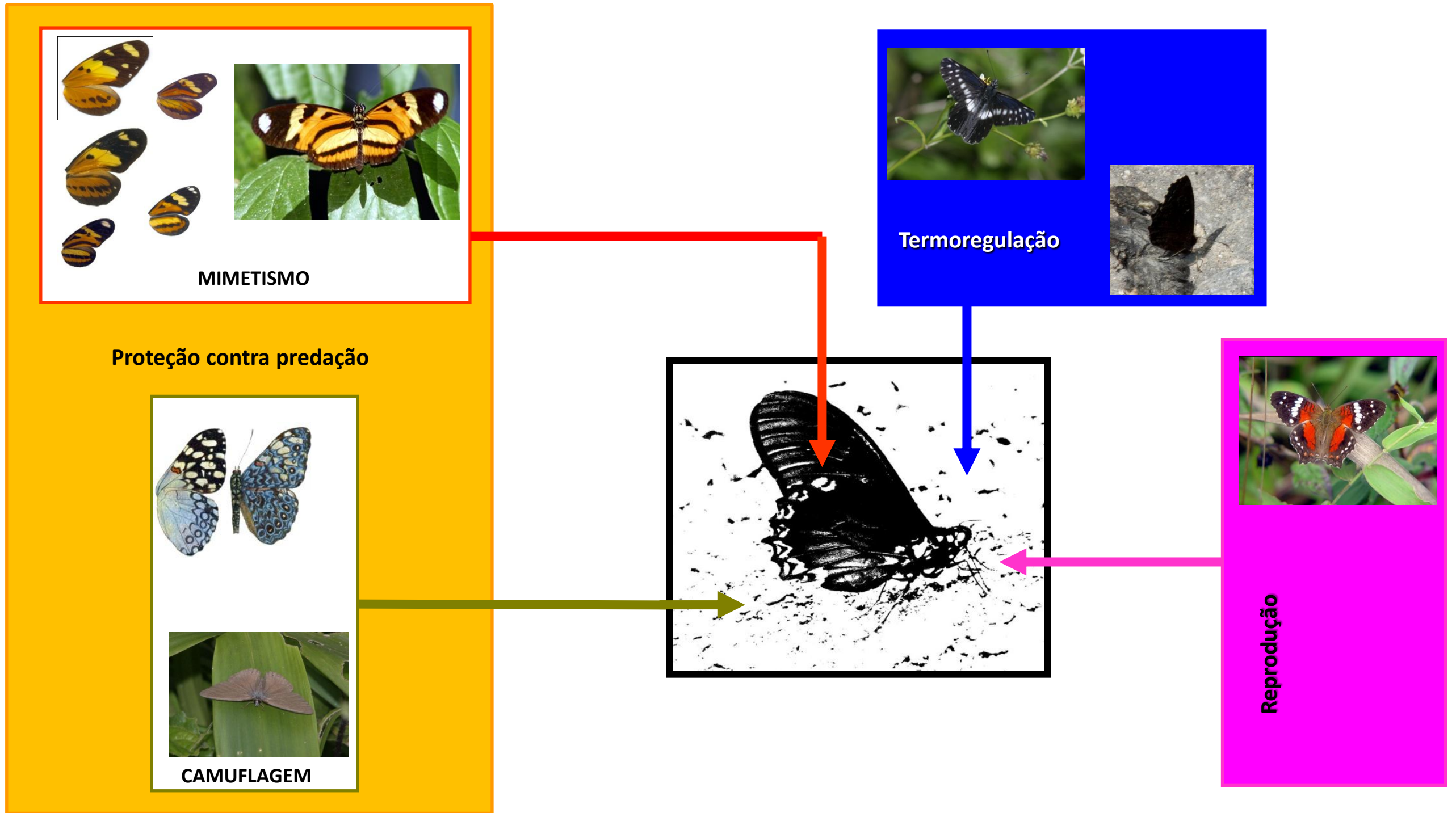



FIGURA 210. As três forças seletivas externas que atuam sobre uma borboleta adulta selecionando o padrão de cor.

visível

ultravioleta infravermelho

400 750

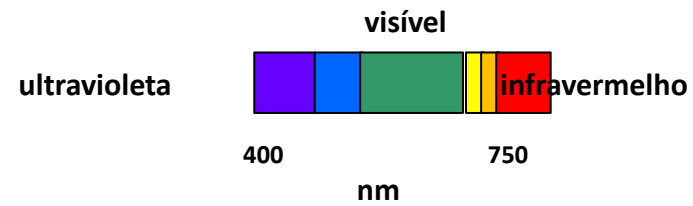
nm

cor	física	química	exemplos
Branca	NÃO	SIM	*Ascia* spp., *Leptophobia* spp.
Preta	NÃO	SIM	Todas as espécies com manchas pretas nas asas.
Violeta	SIM	SIM	*Morpho* spp.,
Azul	SIM	NÃO	*Morpho* spp.,
Verde	SIM	SIM	*Ascia monuste orseis*, *Philaethria* spp., *Siproeta stelenes meridionalis*,
Amarelo	NÃO	SIM	*Phoebis* spp., *Heliconius* spp., *Melinaea* spp., *Actinote* spp., *Tegosa* spp. *Dismorphia* spp.
Laranja	NÃO	SIM	*Heliconius* spp., *Melinaea* spp., *Actinote* spp., *Tegosa* spp. *Dismorphia* spp.
Vermelho	NÃO	SIM	*Heliconius* spp., *Eresia* spp.

FIGURA 211. Espectro visível mostrando a quantidade relativa de cada comprimento de onda e as características ligadas à cor nas asas das borboletas.

A

B

MAR2005

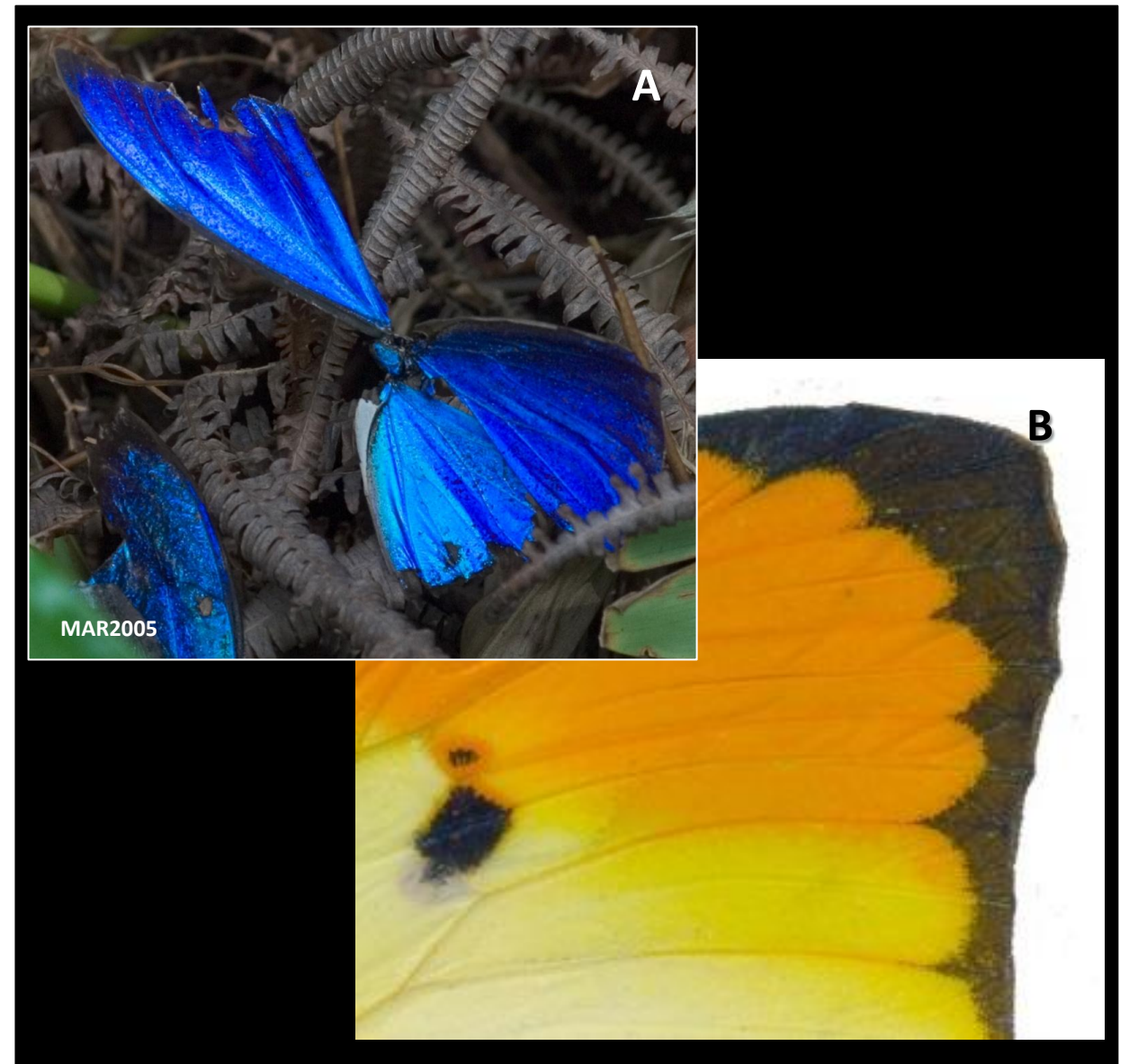



FIGURA 212. Restos das asas de uma borboleta ninfalídea, *Morpho anaxibia,* predada mostrando a cor azul metálica de origem física (**A**) e a região apical ampliada da asa anterior de uma borboleta pierídea Anteos menippe mostrando as cores preta, alaranjada, amarela e branca derivadas de pigmentos químicos (**B**).

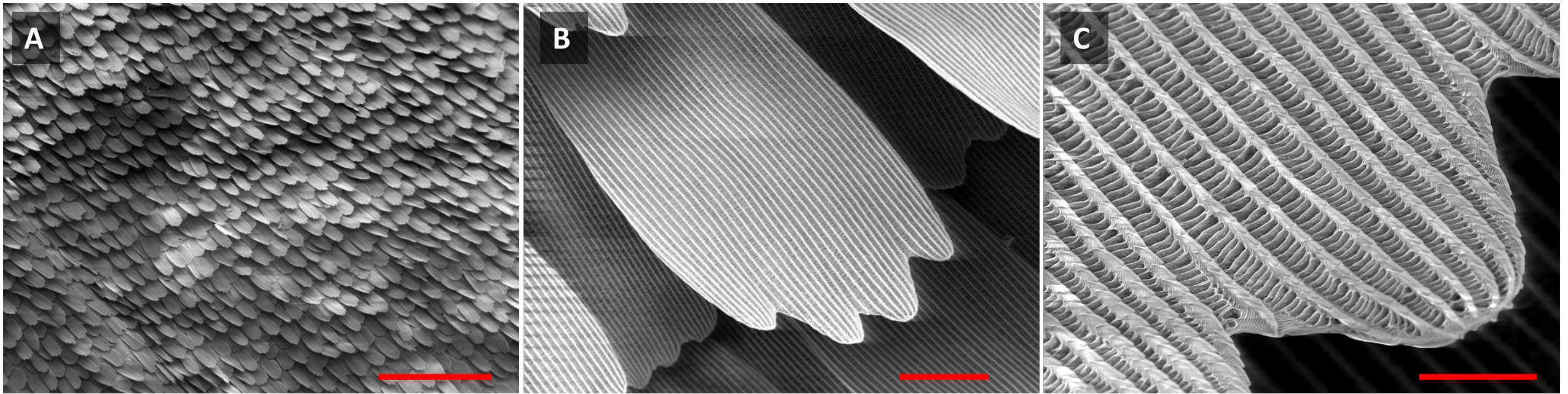



FIGURA 213. Fotografias com quatro diferentes aumentos tiradas com microscópio eletrônico de varredura da asa da borboleta ninfalídea européia *Inachis io* para mostrar as estrias longitudinais e as transversais responsáveis pela cores físicas nas asas. Escala vermelha: (**A**) 500 µm; (**B**) 20 µm; (**C**) 5 µm <http://en.wikipedia.org/wiki/>

Papilionidae

Pieridae

Nymphalidae

Lycaenidae

Riodinidae

Hesperiidae

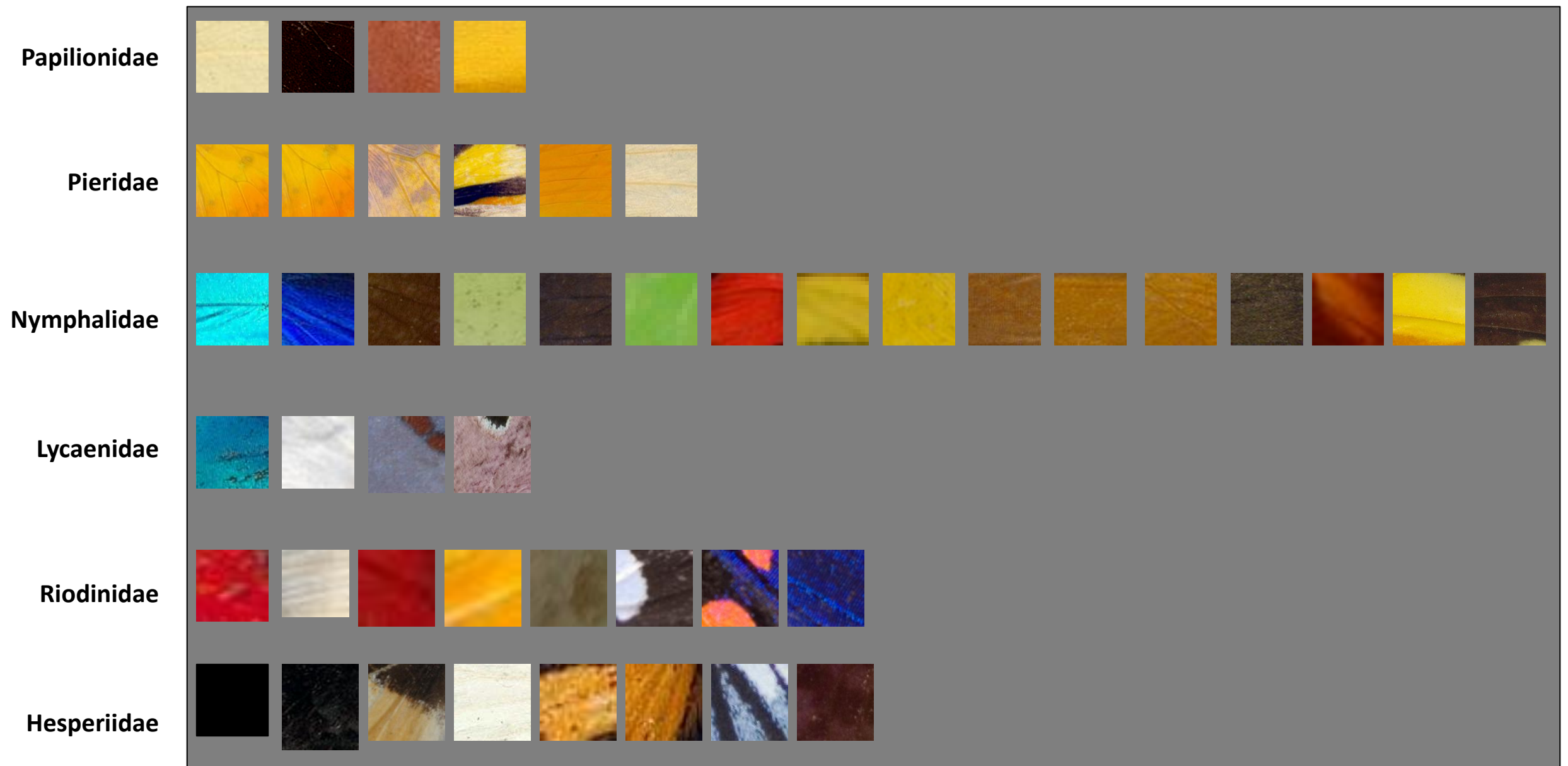



FIGURA 214. Algumas das cores visíveis nas asas das espécies de todas as seis famílias de borboletas que ocorrem na região do Vale do Rio Quilombo.

A

C

FEV2005

B

FIGURA 215. A cor metálica nas asas da borboleta *Morpho helenor achillaena* varia entre azul (**A**) e violeta (**B**), dependendo do ângulo em que as asas são vistas. O mesmo acontece com o riodinídeo *Eurybia pergaea* (**C**).

Capítulo 5

Termoregulação em adultos de borboletas

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

REGULAÇÃO DA TEMPERATURA EM BORBOLETAS

Borboletas são organismos ectotérmicos e, portanto precisam controlar sua temperatura interna através do comportamento embora suas cores possam ser importantes para a absorção de calor. Os limites estão entre o calor letal de 40°C e o frio letal de -10 °C (**FIG. 216**).

A ectotermia e a a atividade diurna faz com que as borboletas sejam organismos essencialmente heliotérmicos e que seu comportamento tem um papel fundamental no controle da temperatura corporal.

As asas são as estruturas mais importantes no processo termoregulatório. Elas possuem uma rede de veias que servem também de esqueleto que dá uma consistência rígida as membranas.

Por essas veias passam, além de nervos e traquéias, a hemolinfa que entra nas asas pela veia costal (**FIG. 217**) voltando ao tórax pela posteriores através do órgão pulsátil do tórax. E é essa circulação que torna as asas um estrutura de troca de calor.

Dado que a integridade das asas é fundamental para uma troca de calor adequada, os indivíduos mais velhos, com asas já muito depauperadas, acabam tendo problemas termoregulatórios. Por essa razão, o comportamento desses indivíduo poderá ser diferente dos mais novos .

Uma borboleta que estenda suas asas paralelas ao substrato de forma que elas recebam a luz solar perpendicularmente pode ganhar o máximo de calor por unidade de tempo. Quando ela se torna muito quente, junta as asas no dorso retraindo inclusive as posteriores de forma a reduzir a um mínimo a área exposta ao calor. Como já visto antes, a cor e o padrão de desenho das asas também tem um papel importante na absorção do calor. A taxa de ganho de calor é alta para cores escuras e baixa para cores claras ou metálicas.

Por essa razão, muitas espécies de ambientes abertos e ensolarados de altas montanhas têm um padrão de coloração mais escuro (**FIG. 218**).

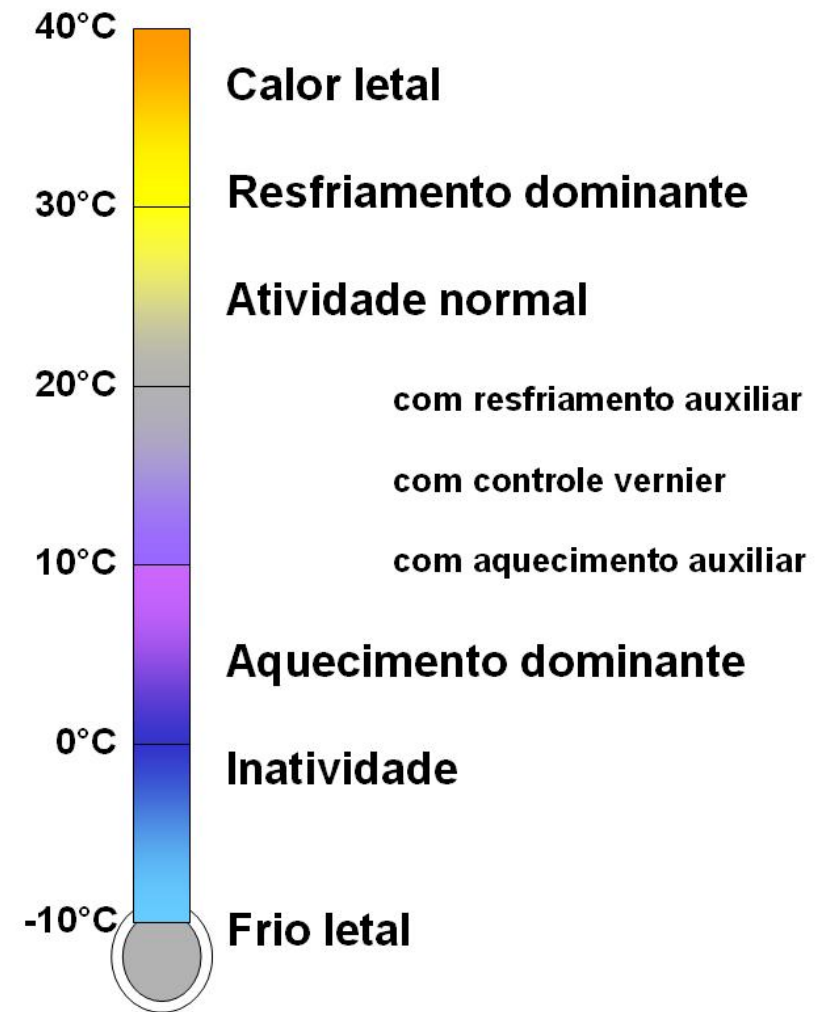



FIGURA 216. Os limites fisiológicos, máximo e mínimo, que permitem a sobrevivência de borboletas adultas.

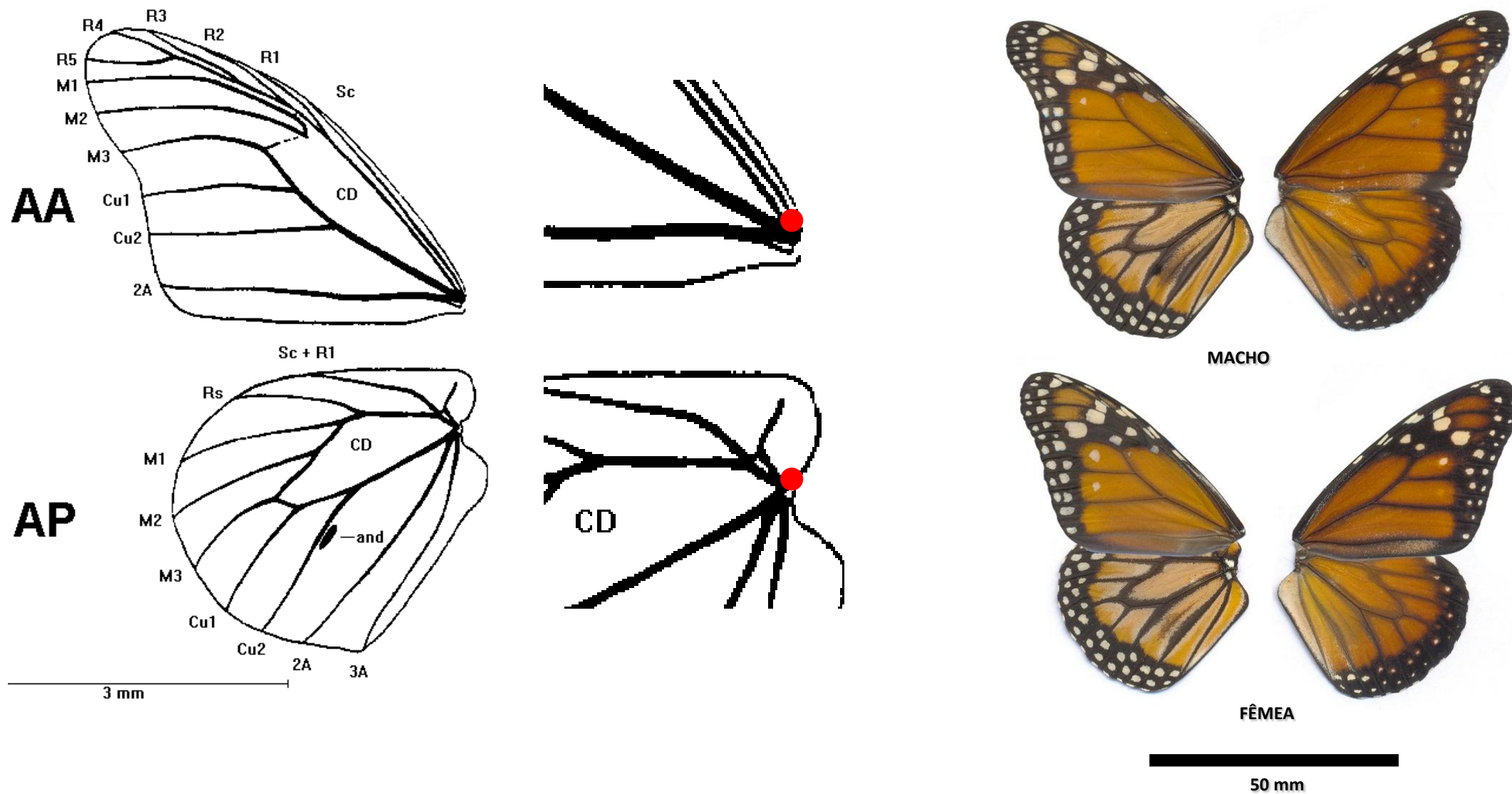



FIGURA 217. Venação da borboleta ninfalídea *Danaus erippus* mostrando o ponto de entrada da hemolinfa usada no processo de termoregulação. (**AA**) asas anteriores e (**AP**) asas posteriores e os padrões alares do macho e da fêmea.

FIGURA 218. Coloração escura de espécies do alto da Serra do Mar ou da Serra da Mantiqueira onde as temperaturas máximas nos meses de verão são mais baixas que nas altitudes menores.

A coloração da borda das asas, das veias ou das manchas podem ser importantes no processo de controle de temperatura. Muitas espécies têm as bordas das asas mais escuras do que o centro ou as veias mais escuras de modo a facilitar a troca de calor pois a troca na membrana é muito menor sendo a espécie *Danaus erippus* um exemplo disso (**FIG. 219**) .

Espécies de áreas temperadas ou de áreas tropicais de alta altitude precisam resolver o problema de se aquecer para chegar na temperatura adequada o que pode ser feito de várias maneiras diferentes.

No aquecimento dorsal ("dorsal basking"; **FIG. 220 A**), nas borboletas ninfalídeas, ele é geralmente feito com as quatro asas paralelas ao substrato (**FIG. 221 A-F**), eventualmente as asas são abertas e fechadas para fazer circular a hemolinfa (**FIG. 256**). Nos hesperídeos as asas ficam em um ângulo de 30-45° ou as posteriores quase paralelas e as anteriores num ângulo de 30-45° (**FIG. 257**).

No aquecimento lateral ("lateral basking"; **FIG. 220 D**), a borboleta fecha suas asas sobre o dorso e se orienta de forma a deixar as asas perpendiculares ao sol. No contato com o solo ("ground-contact"), a borboleta coloca seu corpo em contato direto com o substrato, geralmente solo nu ou rocha, para facilitar a troca por condução.

Muitos licenídeos fazem isso rapidamente mudando de lado sobre o substrato (**FIG. 224 A-D**) e alguns ninfalídeos se aquecem rapidamente pousando sobre rochas mais quentes (**FIG. 224 E**).

Na miotermia ("shivering") (**FIG. 220 E**) o calor é gerado pelo batimento muito rápido das asas enquanto o inseto está pousado. Não é comum nas borboletas mas pode ser encontrado em muito hesperídeos e depois, a própria atividade de vôo proporciona um aumento da temperatura corporal pelo uso da musculatura somado ao calor adquirido pela exposição ao sol.

Já as espécies de áreas mais quentes ou mesmo as de áreas temperadas ou altas no verão precisam resolver o problema do superaquecimento pela exposição ao sol usando os mecanismos básicos para perda de calor.

Uma possibilidade é a da extrusão de gotas quando há uma liberação periódica de jatos de água líquida pelo ânus. Mas isso só é possível nas espécies que ficam no solo absorvendo a água continuamente (**FIG. 225**).

Em dias mais quentes e secos, muitas espécies que geralmente só visitam flores acabam indo ao solo para coletar alguma umidade (**FIG. 226-227**).

Um último recurso é o da procura por sombra de forma a diminuir consideravelmente a absorção do calor direto do sol de forma que nos dias com temperaturas mais altas muitas borboletas fazem um constante deslocamento entre manchas de sol e manchas de sombra (**FIG. 228**).

JUN2005

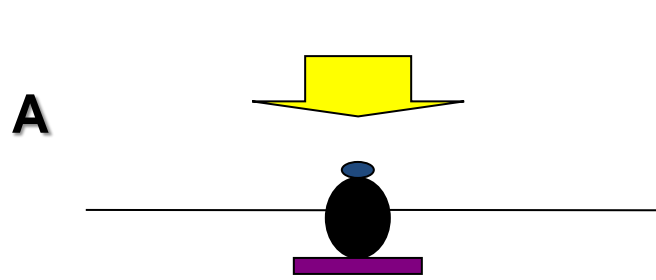
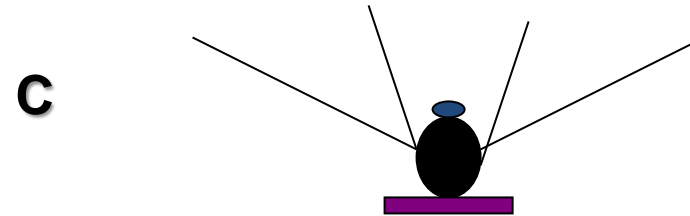
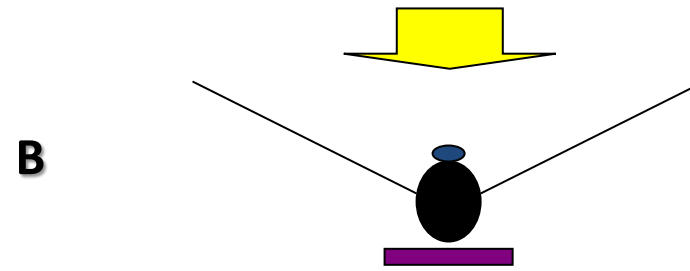
JUN2005

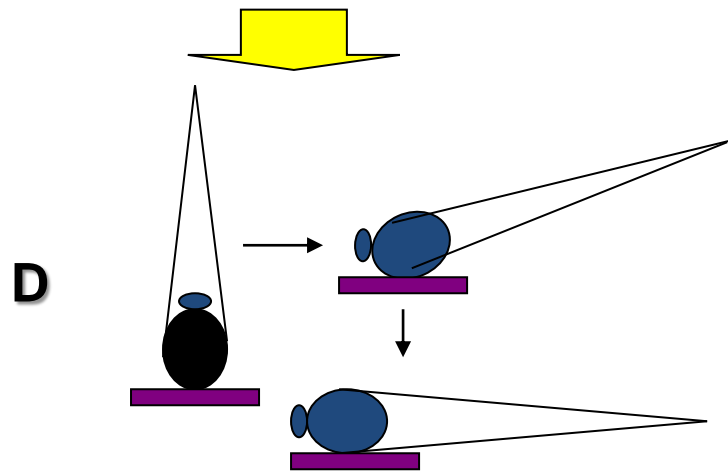
FIGURA 219. Borboleta *Danaus erippus* aquecendo-se ao sol.

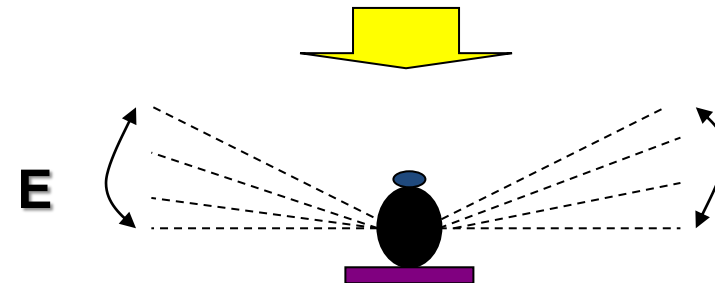
FIGURA 220. Posturas termoregulatórias em borboletas.

A

B

C

(**A**) Aquecimento dorsal com as quatro asas paralelas ao substrato.

(**B**) Aquecimento dorsal com as quatro asas em um ângulo de 45 ou (**C**) as posteriores quase paralelas ao substrato e as anteriores num ângulo de 30-45°.

D

(**D**) Aquecimento lateral com as asas fechadas sobre o dorso e orientadas de forma a ficarem perpendiculares ao sol. No contato com o substrato, a borboleta coloca seu corpo em contato direto com o substrato, geralmente solo nu ou rocha, para facilitar a troca por condução.

E

(**E**) Miotermia, com o batimento muito rápido das asas.

A

B

C

FIGURA 221. Padrões de cor e posturas termoregulatórias em borboletas. (**A**) *Heliconius ethila narcaea*. (**B**) *Actinote pellenea pellenea* com os dois pares de asas paralelos ao substrato para absorver o calor ao máximo. (**C**) *Heliconius erato phyllis.*

FIGURA 221 (continuação). Posturas termoregulatórias dos ninfalídeos (**D**) *Actinote parapheles,* (**E**) *Forsterinonia quantius* e (**F**) *Anartia amathea roeselia*.

D

F

JUN2005

E

FIGURA 222. Padrões de cor e posturas termoregulatórias em borboletas. (**A**) *Hypnartia bella*, aquecendo-se ao sol e abrindo e fechando as asas para fazer circular a hemolinfa;.

FIGURA 223. Comportamento termoregulatório de um hesperídeo.

ABR2010

FEV2005

A B C D E

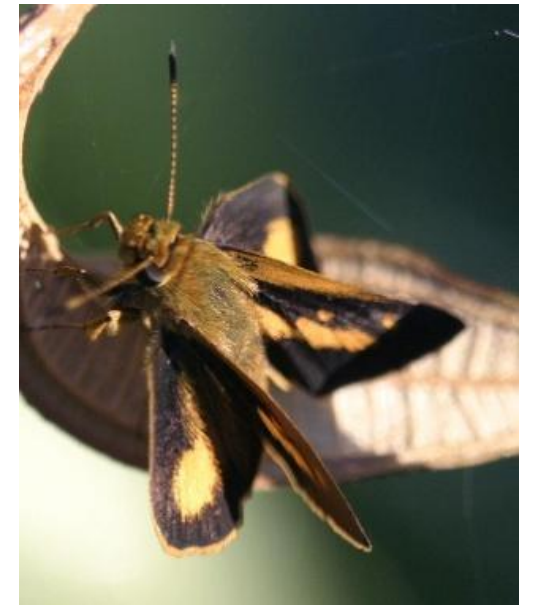
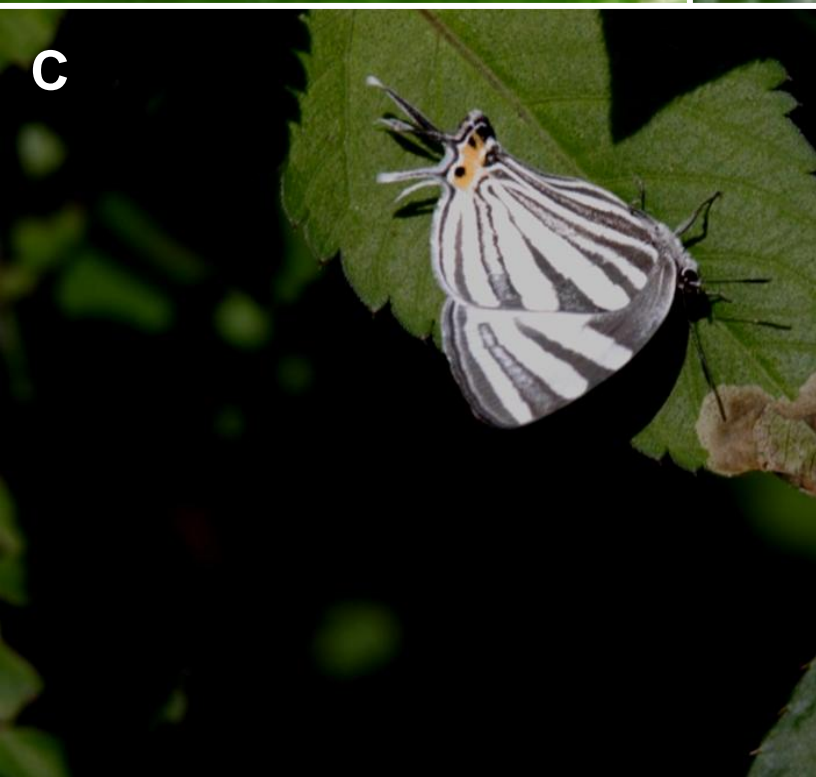
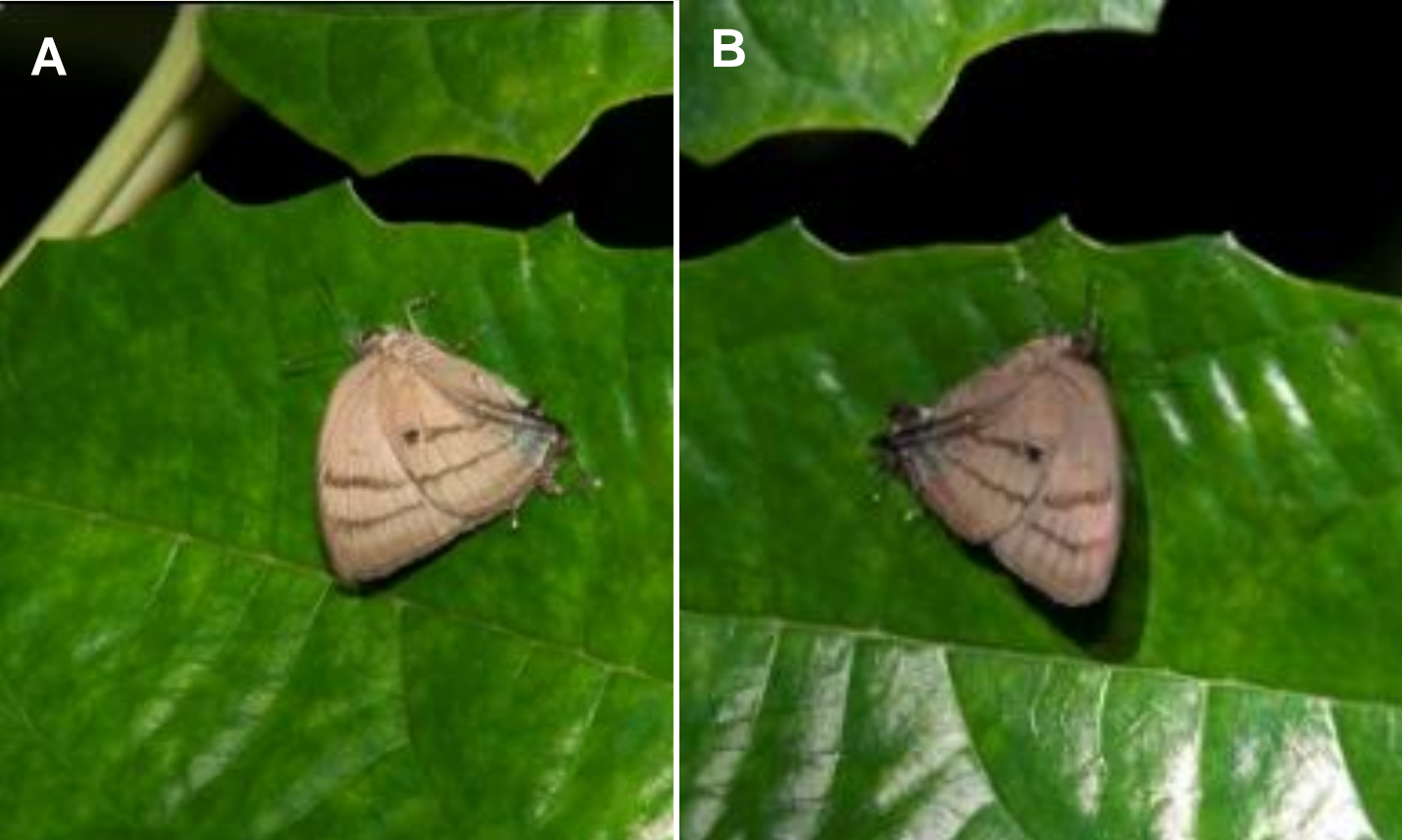



FIGURA 224. Comportamento termoregulatório de licenídeos (**A-D**). Eles pousam sobre folhas que tem uma manchas de sol no meio da mata mais escura e rapidamente fecham as asas e as encostam nesse substrato aquecido, tanto do lado direito quanto do lado esquerdo numa operação que leva apenas alguns segundos. Nestes casos a transferência de calor se dá por contato. Uma outra possibilidade de aquecimento é a de pousar em superfícies mais quentes como rochas. (**E**) *Vanessa myrina* pousada sobre pedra aquecida para que a transmissão de calor seja mais rápida.

FIGURA 225. Bombeamento de água do substrato por macho de *Mimoides protodamas choridamas* (Papilionidae) no chão da estrada do Vale do Rio Quilombo, Santos, SP. A água sai em pulsos periódicos pelo ânus da borboleta.

A

B

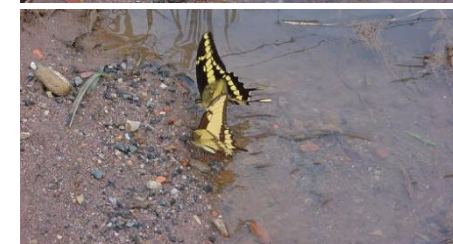



FIGURA 226. (**A**) Uma borboleta *Heliconius erato phyllis* no chão para sorver umidade. (**B**) Sequência de dois indivíduos de *Heraclides thoas brasiliensis* em margem de riacho, Fazenda Santa Genebra, Campinas, SP.

FIGURA 227. Uma borboleta *Adelpha* pousada sobre folhas de lírio-do-brejo (**A**) na sombra, (**B**) no sol e (**C**) no chão para sorver umidade.

FIGURA 228. Postura termoregulatória em fêmea de *Catonephele acontius* (Nymphalidae). Quando a temperatura fica muito alta, a borboleta pousa na sombra abrindo e fechando as asas para dissipar o calor.

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

Capítulo 6

Forrageamento de adultos de borboletas

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

FORRAGEAMENTO DE LARVAS E ADULTOS DE BORBOLETAS

O forrageamento é o conjunto de comportamentos necessários para a obtenção de alimento por um organismo e pode ser dividido nas fases de procura, encontro, obtenção, manuseio e deglutição.

Como os hábitos de alimentação determinam a entrada de uma organismo no estoque de recursos eles são muito importantes na ecologia de uma espécie.

As diferenças no uso dos recursos alimentares entre espécies podem resultar em diferenças na estratégia reprodutiva, longevidade, morfologia, comportamento e estrutura populacional. Por isso o estudo da obtenção e utilização de recursos dá uma visão unificadora sobre a ecologia de uma espécie.

Embora existam exceções, as borboletas são basicamente organismos consumidores primários, tanto no estágio larval quanto no estágio adulto.

Quando larvas que se alimentam de tecidos vegetais vivos podem ser consideradas parasitas ou predadoras dependendo da intensidade do consumo. No entanto, apesar das larvas de muitas espécies de borboletas muitas vezes consumirem todas as folhas de uma planta isso não significa que elas possam ser consideradas como parasitas da mesma.

Observações de longo prazo têm demonstrado que arbustos totalmente comidos por larvas tendem a rebrotar, ano após ano, sem uma queda aparente na sua aptidão. Isso será visto no tópico sobre larvas no capítulo sobre reprodução.

Quando adultas que se alimentam de néctar, seiva ou pólen podem ser consideradas mutualistas quando também atuam como agentes polinizadores para muitas espécies de plantas.

A fase de procura é diferente nos adultos e nas larvas porque estas não voam. Elas são dependentes da borboleta fêmea mãe que foi quem encontrou a planta de alimento para elas mas isto será visto no tópico oviposição do capítulo sobre reprodução.

FORRAGEAMENTO DE BORBOLETAS ADULTAS

Os adultos de muitas espécies de borboletas mostram uma alta fidelidade no uso de uma ou poucas espécies de flores como fonte alimentar. As distâncias entre as flores não estão distribuídas de maneira regular e, por isso, as borboletas devem fazer tanto movimentos curtos como movimentos longos para irem de uma fonte à outra (**FIG. 229**). Uma vez pousada, a borboleta pode andar sobre a flor ou inflorescência para poder usar melhor o recurso (**FIG. 265**).

Nos ambientes mais abertos ou de borda a distância entre as flores ou inflorescências é pequena e muitas vezes as borboletas vão pulando de uma para outra sem a necessidade de fazer um vôo mais demorado.

Em borboletas do gênero *Heliconius*, os adultos são capazes de memorizar a posição de cada planta florida no ambiente e voltar nela quando preciso. Experimentos de retirada de uma dessas plantas mostraram que o indivíduo ficava desnorteado quando isto acontecia.

A eficiência no forrageamento depende tanto da densidade de flores quanto da disponibilidade de néctar em cada uma. Em *Phoebis sennae* e *Agraulis vanillae* observou-se que a taxa de forrageamento aumenta e o tempo de vôo diminui com o aumento da densidade floral.

No entanto, as espécies de plantas que têm flores em altas densidade oferecem uma recompensa de néctar relativamente pequena. Esses comportamentos das borboletas têm implicações na estrutura populacional das plantas que elas polinizam.

A constância geralmente aumenta a eficiência da polinização e as distâncias menores entre as flores visitadas limitam o tamanho das plantas vizinhas, promovendo uma diferenciação local.

Os hábitos alimentares dos adultos das seis famílias de borboletas (**TAB. 1**) e das subfamílias das cinco famílias de Papilionoidea (**TAB. 2**) mostram que nesses cinco grupos o néctar é uma fonte importante de suprimento energético mas não é unico. A família com maior amplitude no uso de recursos alimentares pelos adultos é Nymphalidae.

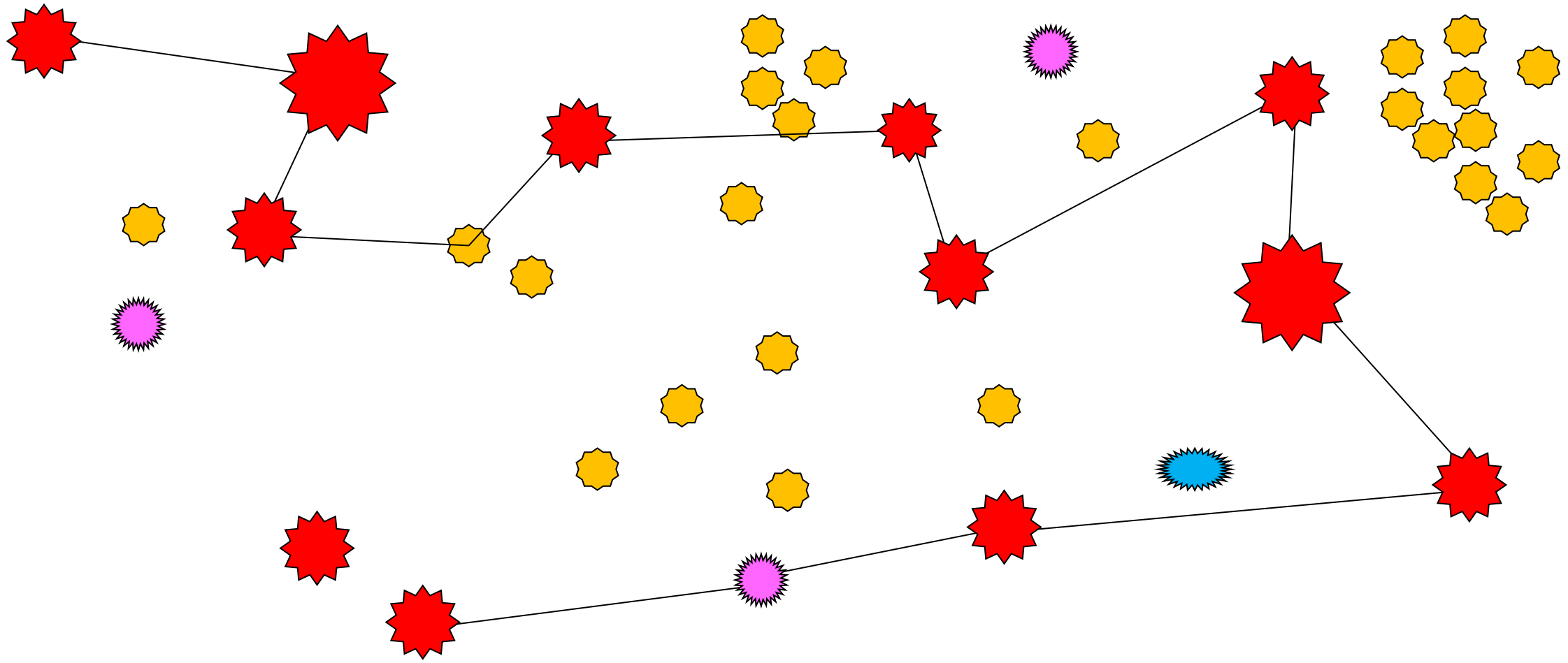



FIGURA 229. Exemplo do movimento de uma borboleta entre diferentes espécies de plantas com flor mostrando, neste caso, a preferência por flores vermelhas.

TABELA 1. Hábitos alimentares dos adultos das seis famílias de borboletas que ocorrem no Vale do Rio Quilombo.

	Recurso					
Família	**néctar**	**pólen**	**frutos podres**	**fezes e urina**	**carcaças de animais**	**outros**
Papilionidae	sim	sim (1)	não	sim (2)	não	não
Pieridae	sim	não	não	sim (2)	não	não
Nymphalidae	sim	sim (3)	sim (4)	sim (5)	sim	sim
Lycaenidae	sim	não	não	não	não	sim (6)
Riodinidae	sim	não	não	não	não	sim (6)
Hesperiidae	sim	não	não	não	não	sim (7)

TABELA 2. Alimentos usados pelos adultos de borboletas das superfamílias Papilionoidea e Hesperiioidea.

PAPILIONIDAE

Subfamília/Tribo	Gêneros	NEC	POL	FRU	EXD	FEZ	CAR
PAPILIONINAE	*Mimoides, Protesilaus, Battus, Parides, Heraclides, Pterourus.*	SIM	SIM, apenas em *Parides* e *Battus*	NÃO	NÃO	SIM, Fontes de íons de Sódio	NÃO

PIERIDAE

Subfamília/Tribo	Gêneros	NEC	POL	FRU	EXD	FEZ	CAR
DISMORPHIINAE	*Dismorphia, Enantia.*	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
PIERINAE / PIERINI	*Archonias, Ascia, Glutophrissa, Leptophobia, Melete.*	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
COLIADINAE	*Anteos, Aphrissa, Eurema, Leucidia, Phoebis, Rhabdodryas, Pyrisitia.*	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO

(NEC) Néctar; (POL) Pólen; (FRU) Frutos podres fermentados; (EXD) Exudatos de vegetais ou de animais; (FEZ) Urina de vertebrados e outras fontes de nutrientes no solo úmido / fezes; (CAR) Carcaças de animais.

TABELA 2 (continuação). Alimentos usados pelos adultos de borboletas das superfamílias Papilionoidea e Hesperiioidea.

NYMPHALIDAE

Subfamília/Tribo	Gêneros	NEC	POL	FRU	EXD	FEZ	CAR
LIBYTHEINAE	*Libytheana*	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
DANAINAE	*Lycorea, Danaus*	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO
ITHOMIINAE	*Aeria, Melinaea, Methona, Thyridia, Mechanitis, Scada, Epityches, Hypothyris, Ithomia, Placidina, Oleria, Callithomia, Dircenna, Episcada, Pteronymia, Hypoleria, Heterossais, Pseudoscada*	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO
MORPHINAE	*Antirrhea, Morpho, Blepolemis, Brassolis, Caligo, Catoblepia, Dasyophthalma, Eryphanis, Opoptera, Opsiphanes, Narope*	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO
SATYRINAE	*Pierella, Manataria, Eteona, Praepedalioides, Euptychia, Euptychoides, Forsterinaria, Godartiana, Hermeuptychia, Moneutptychia, Pareuptychia, Paryphthimoides, Splendeuptychia, Taygetis, Yphthimoides*	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO

(NEC) Néctar; (POL) Pólen; (FRU) Frutos podres fermentados; (EXD) Exudatos de vegetais ou de animais; (FEZ) Urina de vertebrados e outras fontes de nutrientes no solo úmido / fezes; (CAR) Carcaças de animais.

TABELA 2 (continuação). Alimentos usados pelos adultos de borboletas das superfamílias Papilionoidea e Hesperiioidea.

NYMPHALIDAE

Subfamília/Tribo	Gêneros	NEC	POL	FRU	EXD	FEZ	CAR
CHARAXINAE	*Consul, Fountainea, Hypna, Siderone, Memphis, Archaeoprepona, Prepona.*	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	NÃO
BIBLIDINAE	*Marpesia, Biblis, Catonephele, Eunica, Myscelia, Ectima, Hamadryas, Pyrrhogyra, Temenis, Dynamine, Callicore, Diaethria, Haematera*	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO
APATURINAE	*Doxocopa.*	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
NYMPHALINAE	*Historis, Colobura, Smyrna, Hypanartia, Vanessa, Anartia, Junonia, Siproeta, Chlosyne, Anthanassa, Eresia, Ortilia, Tegosa, Telenassa*	NÃO SIM	NÃO NÃO	SIM NÃO	NÃO NÃO	NÃO NÃO	NÃO NÃO
LIMENITIDINAE	*Adelpha*	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
HELICONIINAE	*Euptoieta, Actinote, Agraulis, Eueides, Dione, Dryas, Dryadula, Heliconius, Philaethria.*	SIM	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM

(NEC) Néctar; (POL) Pólen; (FRU) Frutos podres fermentados; (EXD) Exudatos de vegetais ou de animais; (FEZ) Urina de vertebrados e outras fontes de nutrientes no solo úmido / fezes; (CAR) Carcaças de animais.

TABELA 2 (continuação). Alimentos usados pelos adultos de borboletas das superfamílias Papilionoidea e Hesperiioidea.

LYCAENIDAE

SUBFAMÍLIA/TRIBO	Gêneros	NEC	POL	FRU	EXD	FEZ	CAR
POLYOMMATINAE	*Leptotes, Hemiargus, Zizula.*	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
THECLINAE / EUMAEINI	*Albergina, Allosmaitia, Arawacus, Atlides, Brangas, Calycopis, Celmia, Chlorostrymon, Contrafacia, Cyanophrys, Denivia, Erora, Evenus, Gargina, Iaspis, Janthecla, Lamprospilus, Laothus, Michaelus, Ministrymon, Nicolaea, Ocaria, Oenomaeus, Ostrinode, Panthiades, Parrhasius, Pseudolycaena, Rekoa, Strephonota, Strymon, Theclopsis, Theritas, Tmolus, Zigleria, "Thecla"*	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO

RIODINIDAE

Subfamília/Tribo	Gêneros	NEC	POL	FRU	EXD	FEZ	CAR
EUSELASIINAE	*Euselasia*	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
RIODININAE	*Mesosemia, Leucochimona, Napaea, Cremna, Ancyluris, Barbicornis, Brachyglenis, Lyropteryx, Metacharis, Lasaia, Panara, Pheles, Rhetus, Riodina, Syrmatia, Prasca Pterographium, Stichellia, Anteros, Ariconias, Juditha., Lemonias, Synargis, Adelotypa, Menander, Nymphidium, Theope, Eurybia, Echydna, Emesis*	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO

(NEC) Néctar; (POL) Pólen; (FRU) Frutos podres fermentados; (EXD) Exudatos de vegetais ou de animais; (FEZ) Urina de vertebrados e outras fontes de nutrientes no solo úmido / fezes; (CAR) Carcaças de animais.

BORBOLETAS NECTARÍVORAS

As borboletas nectarívoras usam um recurso que é extremamente energético por ser formado por carboidrato. A capacidade de usar o néctar depende do comprimento do tubo da corola da flor e do comprimento da espirotromba.

Parece não haver uma relação entre o tamanho de uma borboleta e o tamanho de sua espirotromba. Alguns hesperídeos muito pequenos têm espirotrombas mais compridas do que ninfalídeos que têm o dobro ou o triplo do seu tamanho (**FIG. 230, 238, 259-260**).

Por isso, o comprimento da espirotromba de cada espécie está relacionado com o tipo de flor que ela visita. Borboletas com espirotrombas mais longas podem alimenta-se de flores maiores ou com um tubo de corola mais comprido. O comprimento do tubo da corola é certamente uma adaptação da flor para proteger o seu néctar contra ladrões que não serviriam como polinizadores.

Dependendo da relação de tamanho do corpo da borboleta e da flor ou inflorescência a ser visitada a aproximação e o pouso serão diferentes (**FIG. 231**).

FEV2010

FIGURA 230. Um hesperídeo sugando água em pétalas do lírio-do-brejo mostrando a longa espirotromba.

FIGURA 231. Sequência da aproximação de uma borboleta *Heliconius erato phyllis* em inflorescência de *Bidens alba*.

JUN2009

CORES DAS FLORES

As diferentes cores das flores evoluíram para atrair os animais polinizadores. Muitas espécies de borboletas enxergam muito bem as cores do espectro visível (**FIG. 232**) e algumas na região do ultravioleta (UV).

Por isso, algumas flores têm listras e manchas que refletem o UV como a asterácea *Wedelia paludosa* (**FIG. 233**) que na luz visível é amarlo-alaranjada e na ultravioleta apresenta a área central mais escura, onde estão as flores com néctar.

Uma outra adaptação das flores polinizadas por insetos é a de mudar de cor após terem sido fecundadas. Um exemplo disso é o da verbenácea *Lantana camara* que mudam da cor amarela para vermelha depois da fecundação (**FIG. 234**).

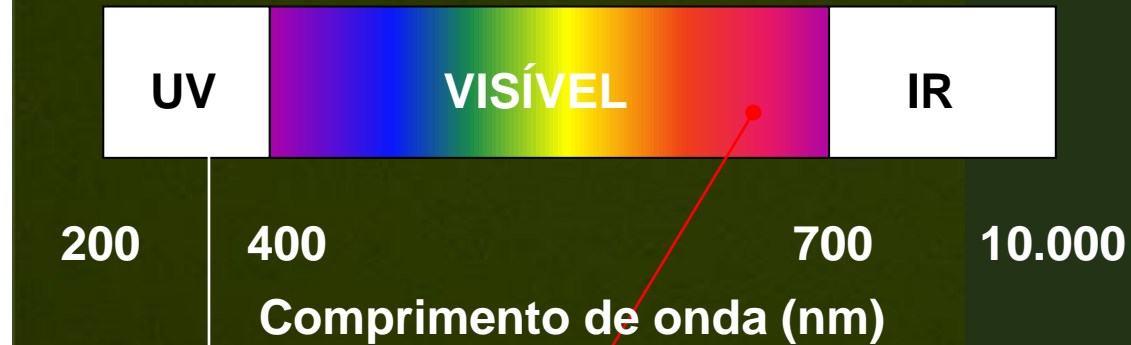
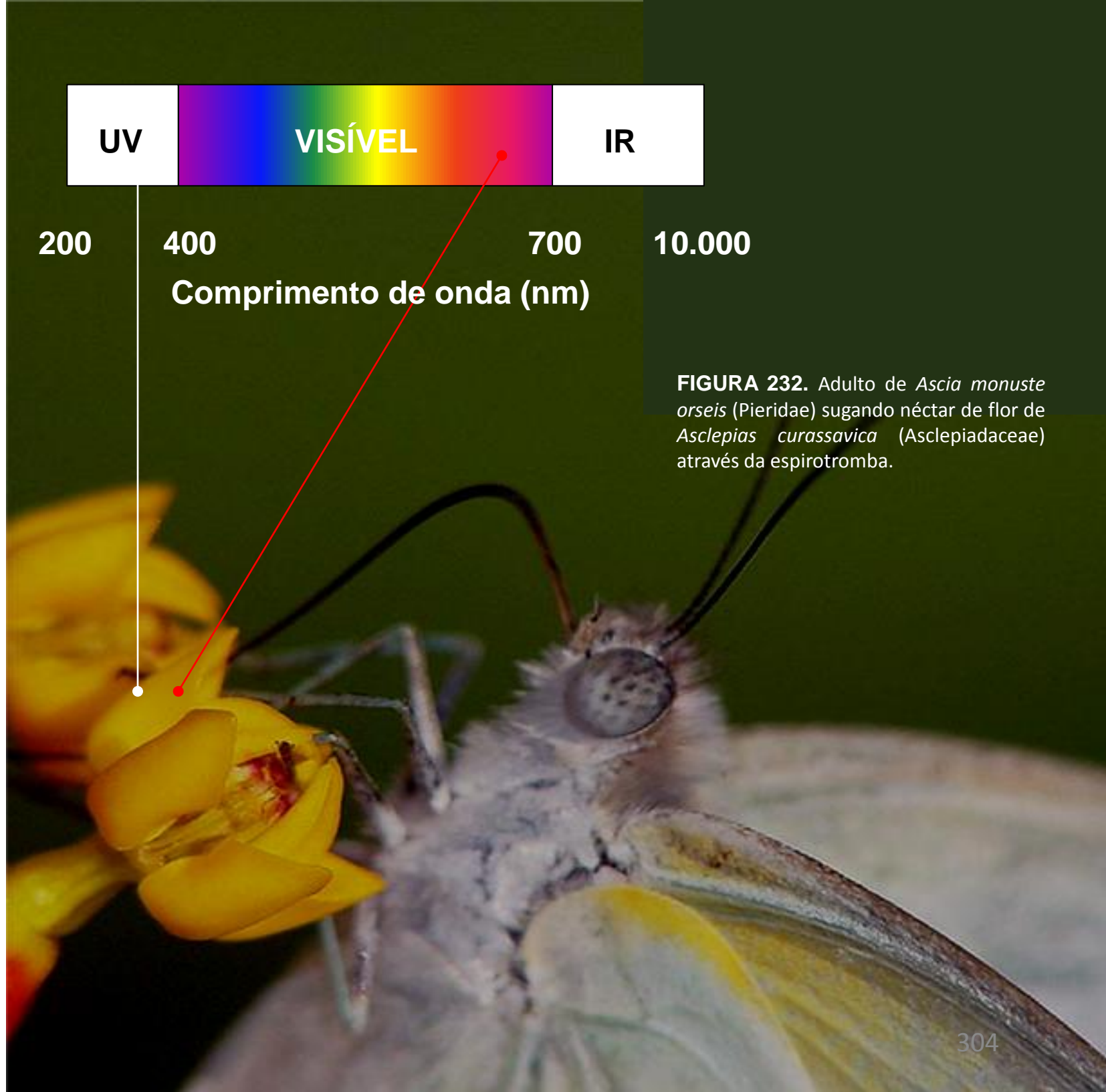



FIGURA 232. Adulto de *Ascia monuste orseis* (Pieridae) sugando néctar de flor de *Asclepias curassavica* (Asclepiadaceae) através da espirotromba.

VISÍVEL

ULTRAVIOLETA

UV COM FALSA COR

20 mm

FIGURA 233. Padrão de reflexão na luz visível e no UV da inflorescência de *Wedellia paludosa* sp. (Asteraceae), muito visitada por diversas espécies de borboletas na Baixada Santista. A foto UV com falsa cor é obtida transformando os tons de cinza em cores arbitrárias para isolar melhor as áreas com reflexão.

MAI2004

MAI2004

MAI2004

MAI2004

MAI2004

FIGURA 234. (A) As flores da verbenácea *Lantana camara* são muito procuradas por borboletas heliconíneas. Já em 1876, o pesquisador Fritz Müller descobriu, em Santa Catarina, que elas mudavam de cor (amarelo para vermelho) depois de fecundadas. (**B-C e D, próxima página**) Aspectos do comportamento de alimentação de *Heliconius erato phyllis* e de (**E-F**) *H. ethilla narcaea* em *Lantana camara* (Verbenaceae).

FIGURA 234. (A) ... continuação.

ABR2008

CARACTERÍSTICAS DO NÉCTAR

As espécies de plantas que são visitadas por borboletas e mariposas que pousam (para diferenciar das mariposas esfingídeas, que sugam o néctar sem pousar, flutuando no ar como beija-flores) fabricam um tipo de néctar semelhante entre si mas que é diferente do néctar usado pelas mariposas esfingídeas.

Essa diferença é devida ao fato de que as necessidades energéticas dos dois grupos são diferentes. Geralmente o néctar das plantas usadas pelas borboletas é rico em monosacarídeos (glicose + frutose) do que em dissacarídeos (sacarose). O conteúdo de aminoácidos também é diferente, sendo em geral mais rico qualitativamente.

No entanto, a quantidade total de aminoácidos ingeridos pelas mariposas esfingídeas pode ser muito grande devido à maior produção de néctar pelas flores das quais se alimentam.

A maior parte das flores tem entre dois e quatro tipos diferentes de aminoácidos, podendo chegar em alguns casos a 22. Os dois aminoácidos mais comuns são a histidina e a glicina (**FIG. 235**). Por isso, um só tipo de néctar é geralmente insuficiente para suprir as necessidade nutricionais de uma espécie de borboleta.

Os lipídios podem ocorrer em alguns tipos de néctar, principalmente nas flores usadas por mariposas esfingídeas.

Substâncias como antioxidantes (ácido ascórbico), alcalóides, fenóis, glicosídios, aminoácidos não-protéicos, entre outras, podem também estar presentes no néctar.

O pH do néctar pode variar entre espécies diferentes de plantas mas também varia muito dentro de uma mesma flor ao longo do dia, ficando geralmente na faixa entre 5 e 8.

A concentração de açúcar varia entre 15% e 35% peso:volume e vários fatores ambientais como chuvas, umidade ou vento podem alterar a concentração do néctar. A razão entre os açúcares sacarose e glicose + frutose presentes no néctar é variável.

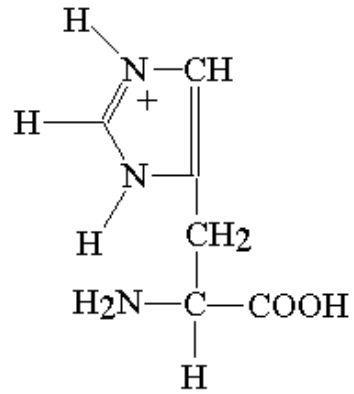
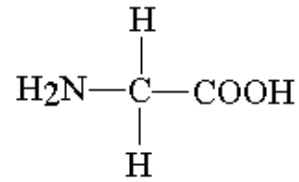
Isso faz com que as flores possam ser arranjadas segundo categorias dessa razão e que são usadas de forma diferencial pelos polinizadores (**FIG. 236**).

histidina

glicina

FIGURA 235. Os dois tipos de néctar usados pelos Lepidoptera e a estrutura das moléculas dos dois aminoácidos histidina e glicina, mais comuns no néctar usado por eles.

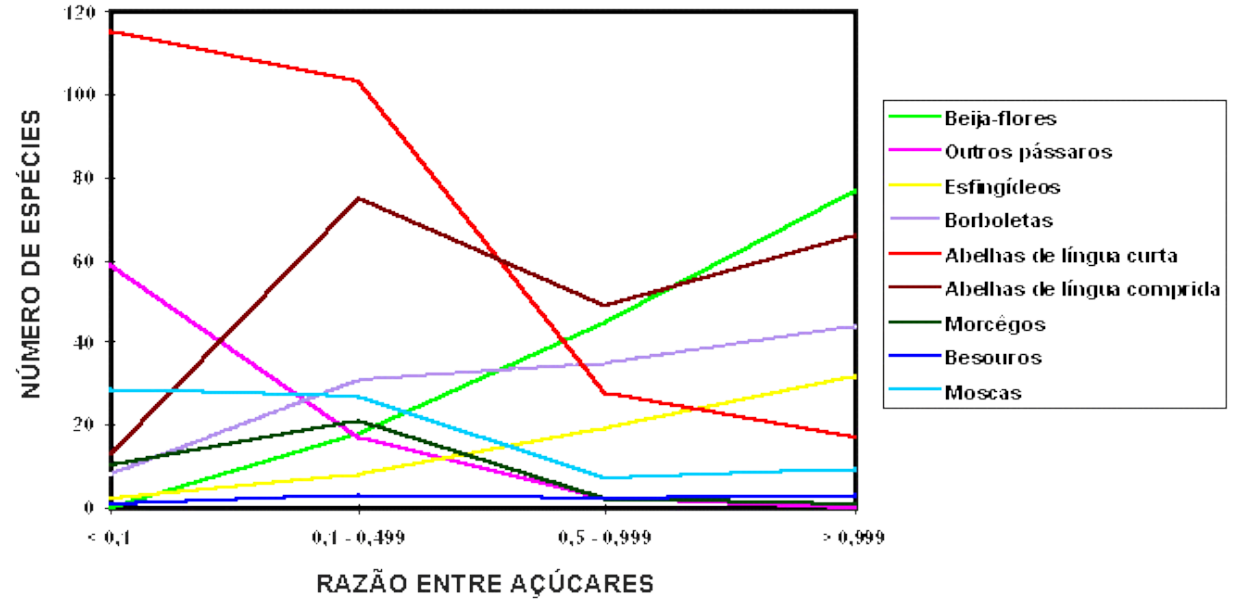



FIGURA 236. Algumas espécies de plantas separadas em quatro categorias da razão entre sacarose/(glicose + frutose) arranjada pelos principais polinizadores.

CARACTERÍSTICAS DO PÓLEN

As espécies de plantas que fornecem pólen para borboletas são geralmente espécies sucessionais. Em áreas com estação seca bem marcada, há diferença entre o pólen da mesma espécie nas duas estações.

As borboletas do gênero *Heliconius* coletam o pólen com a espirotromba (**FIG. 237**) logo depois da deiscência da antera e agitam-no por várias horas em um fluido que exudam. O fluido não contem proteases e não é néctar regurgitado.

Nesse líquido, o pólen começa a germinar e libera aminoácidos livres, proteínas, nucleotídeos e flavonóides. O fluido é então aproveitado e o resto de pólen jogado fora. Espécies de borboletas papilionídeas dos gêneros *Parides* e *Battus* também usam pólen.

BIOMECÂNICA DA ALIMENTAÇÃO COM NÉCTAR E COM PÓLEN

Em todas as espécies de borboletas, os adultos possuem o haustelo ou espirotromba (**FIG. 238**) e a maioria usa essa estrutura para se alimentar sugando o alimento, geralmente o néctar, que vem na forma líquida.

No entanto, existem algumas exceções. A espirotromba consiste em dois cilindros que circundam um canal através do qual os alimentos na forma líquida são ingeridos.

O néctar é sugado pela ação de dois músculos dilatadores cibariais e entra na cavidade cibarial.

Foram feitos estudos de modelos das taxas de vazão do néctar na espirotromba para determinar quais concentrações e quais tempos de extração seriam energeticamente utilizáveis pelas borboletas.

Eles consideraram as dimensões físicas da espirotromba, a viscosidade e densidade do néctar, a taxa metabólica do inseto e o conteúdo energético e, açúcar.

Eles assumiram que o fluido era newtoniano e que o fluxo era laminar, que a mudança de energia potencial e a tensão capilar eram desprezíveis, que a borboleta e o néctar eram isotérmicos, e que a queda de pressão produzida pela bomba cibarial era constante para todas as concentrações de néctar.

As simulações resultantes mostraram que as concentrações de néctar que davam o maior retorno energético por unidade de tempo eram independentes da faixa de variação da taxa metabólica e das dimensões físicas da espirotromba, embora essa última determinasse as taxas de vazão.

Os resultados sugeriram que a limitação mecânica primária à alimentação fosse a queda de pressão entre os pontos proximal e distal da espirotromba associado à pressão atmosférica ambiental.

Mais tarde, outros estudos mostraram que os resultados das simulações não estavam de acordo com os dados observados empiricamente em pelo menos quatro espécies de diferentes famílias de borboletas. Ao contrário do modelo, eles descobriram que a queda de pressão aumenta com o aumento da concentração de néctar.

Quando esses dados foram incorporados ao modelo chegou-se a concentrações de néctar entre 35% - 40%, ou seja dentro da faixa observada na natureza. Esse ótimo independe da temperatura embora a taxa de alimentação seja maior a 35°C do que a 25°C.

Em algumas espécies estudadas, como as dos gêneros *Agraulis* e *Phoebis*, o néctar entra em pulsos e não em um fluxo contínuo.

Nas borboletas do gênero *Heliconius*, a espirotromba é modificada e as papilas têm a função de pincéis de pólen. Além disso, os indivíduos de *Heliconius* têm grandes pelos sensoriais mecanoreceptores na cabeça que dão informação a respeito do tamanho dos grãos de pólen.

Muitas outras espécies da mesma tribo que não se alimentam de pólen não têm os pincéis na espirotromba e as papilas sensoriais são menos desenvolvidas.

FIGURA 237. Adulto de *Heliconius erato phyllis* (Nymphalidae) com massa de pólen na espirotromba.

FIGURA 238. Adulto de uma borboleta hesperídea usando sua espirotromba para sugar o néctar da flor.

COMPLEXIDADE NO USO DOS RECURSOS

Os nutrientes coletados durante a alimentação pelos adultos são um complemento do total que o indivíduo deve receber durante toda sua vida. Assim as diferenças de hábito alimentar do adulto são um reflexo da alimentação no estágio larval.

Um exemplo interessante é o de três espécies da tribo Heliconiini, *Heliconius cydno*, *Heliconius charitonia* e *Dryas iulia*, que em Trinidad. As larvas dessas espécies alimentam-se da mesma espécie de planta hospedeira. No entanto, os adultos das duas espécies de *Heliconius* alimentam-se tanto de néctar quanto de pólen enquanto *Dryas iulia* alimenta-se apenas de néctar. Só que as larvas das duas espécies de *Heliconius* alocam proporcionalmente menos recursos para as estruturas reprodutivas e corpos gordurosos o que as larvas de *Dryas iulia*.

O principal alimento dos papilionídeos é o néctar das flores (**FIG. 239-240-241**). Dado que o tamanho corporal da maioria de suas espécies é relativamente maior do que o de outras de outras famílias, elas podem se alimentar de flores de maior tamanho e que são indisponíveis a seus concorrentes. Um exemplo típico é o das flores de *Hibiscus* cuja corola tem um comprimento de mais de 20 mm podendo ser alcançada apenas por grandes borboletas ou por beija-flores.

Mas quando a flor ou inflorescência é pequena em relação ao tamanho do corpo da borboleta, esta pousa mas se matem equilibrada pelo bater de asas (**FIG. 240**).

Muitas espécies de papilionídeos visitam áreas de solos úmidos onde existe urina (**FIG. 243-244-245-246**), ou outras áreas com fezes ou carcaças em decomposição além de usar a água para diminuir a temperatura corpórea (**FIG. 247**). Eles formam grandes bandos (“puddling”) que podem ser formados também por espécies de outras famílias. Esses bandos, geralmente compostos por centenas de indivíduos, são mais comuns em beiradas de grandes rios.

A maior parte das espécies de pierídeos também vai em flores (**FIG. 248**), mas muitas espécies, principalmente as migratórias e de maior tamanho (*Phoebis*), também formam bandos (**FIG. 249-250-251-252**) que as vezes se misturam aos de papilionídeos (**FIG. 249 D**) ou ninfalídeos (**FIG. 251 B; 252**).

Os ninfalídeos também têm uma grande diversidade de hábitos alimentares dentro das subfamílias e tribos. Podem usar os nutrientes das flores (**FIG. 253 E; 254 C-E; 255 B; 256; 257 A-B; 265 A-C; 258**), usar água do solo úmido (**FIG. 251 B; 252; 253 A-D, F-H; FIG. 254 A-E; 255 A**), sugar líquidos em carcaças de animais mortos, fezes ou urina (**FIG. 257 C; 261 A-C; 262 A-C. 263 A-C**), para a extração de derivados nitrogenados ou de carboidratos.

Nos riodinídeos a maior parte das espécies é nectarívora (**FIG. 264 A** e **E**) mas também podem ir ao solo para extrair umidade (**FIG. 264 B-D**) o mesmo acontece com o hesperídeos que podem ser nectarívoros (**FIG. 259; 260 A**) ou ir ao solo para (**FIG. 260 B**).

FIGURA 239. Uma borboleta papilionídea *Mimoides protodamas* alimentando-se em flores de *Impatiens walleriana* e de uma XXxxxx não identificada. Nesta última é possível ver a coloração violeta (seta vermelha) do pólen depositado na fronte da borboleta.

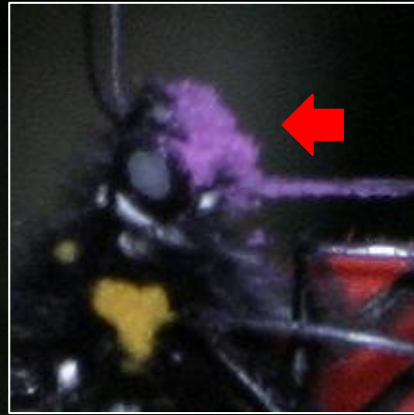



FIGURA 240. Uma borboleta papilionídea *Heraclides hectorides* alimentando-se em inflorescências de *Bidens alba*. Como o seu tamanho é relativamente maior do que as inflorescências aguentam, ela mantém-se equilibrada batendo as asas.

MAR2008

OUT2004

ABR2007

ABR2005

FIGURA 241. Borboletas *Heraclides hectorides* visitando flores de *Asclepias curassavica*, *Vernonia beyrichii* e *Impatiens walleriana*.

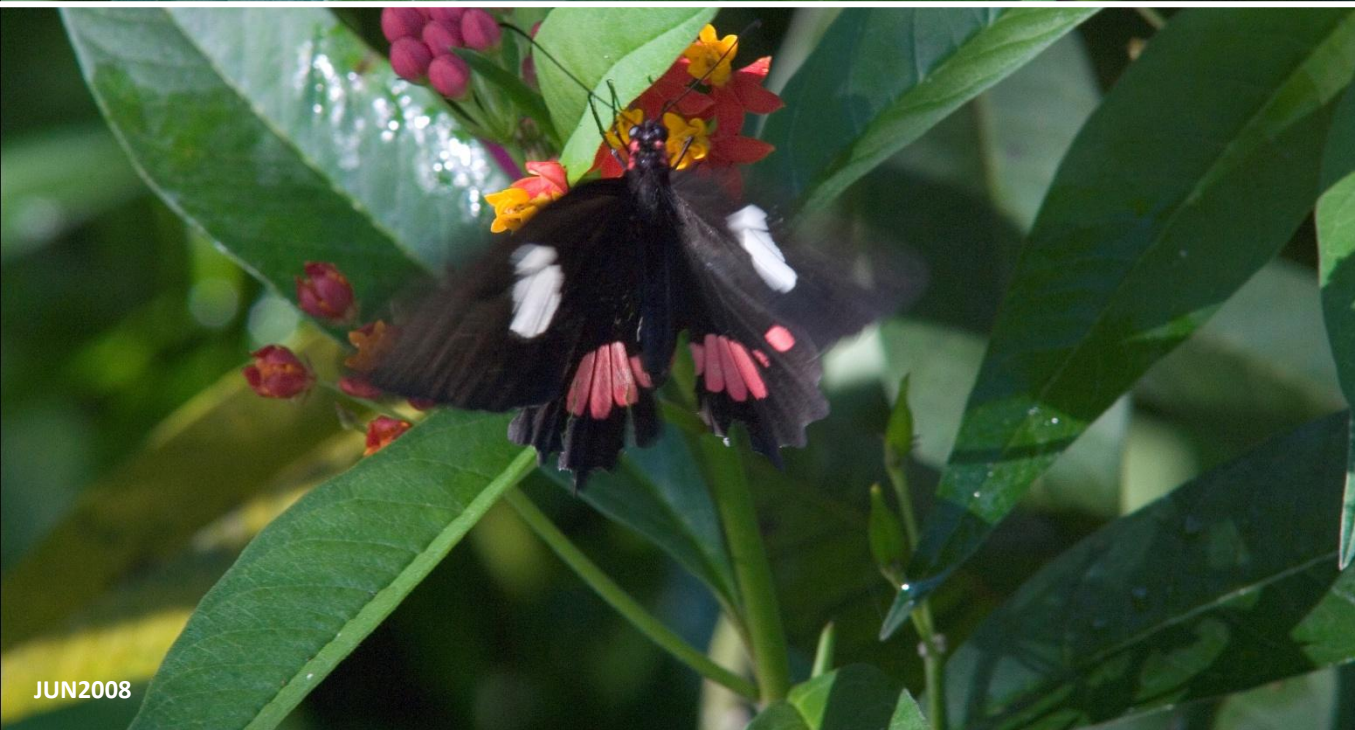
JUN2008

JUN2008

FIGURA 242. Uma *Parides anchises nephalion* em flores de *Asclepias curassavica*.

FIGURA 243.
Borboleta papilionídea *Eurytides dolicaon deicoon* sugando umidade no leito da estrada.

MAR2008

MAR2008

MAR2008

MAR2008

FIGURA 244. Macho de *Heraclides anchisiades capys* (**A-E**) e *Protesilaus telesilaus vitellus* (**F**) sugando umidade no leito da estada.

FIGURA 245. Dois indivíduos de *Heraclides thoas brasiliensis* em lama na margem de riacho, Fazenda Santa Genebra, Campinas, SP.

FIGURA 246. *Heraclides thoas* ssp. forrageando em lama na margem de brejo. Reserva Extrativista do Alto Rio Juruá, Acre.

A

B

C

D

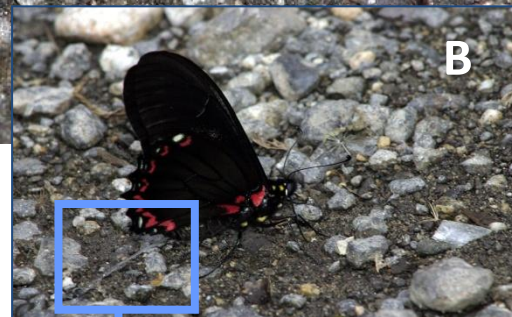



FIGURA 247. Bombeamento de água do substrato por macho de *Mimoides protodamas* (Papilionidae) no chão da estrada do Vale do Rio Quilombo, Santos, SP.

A

B

C

FIGURA 248. *Phoebis argante argante*, *Phoebis philea philea* e *Phoebis trite banksi* alimentando-se em inflorescências de *Bidens alba.*

A

SET2001

B

SET2001

C

SET2001

D

FIGURA 249. Bando de pierídeos do gênero *Phoebis* no chão úmido da estrada. Quando passam veículos ou pessoas, as borboletas se dispersam mas logo retornam ao mesmo ponto. O formato desses grupos depende de como os nutrientes estão dispostos no substrato. Nestas fotos a disposição é quase linear. A seta vermelha indica um ninfalídeo do gênero *Marpesia* e em (**D**) o papilionídeo *Protesilaus protesilaus nigricornis*.

FIGURA 250. Em outros casos o bando de pode ter um formato mais circular.

FIGURA 251. Em outros casos o bando de pode ter um formato mais circular (A) ou mais disperso (B). A seta vermelha indica um ninfalídeo do gênero *Marpesia*.

FIGURA 252. Em outros casos o bando de pode ter um formato mais circular. Assetas vermelhas indicam ninfalídeos.

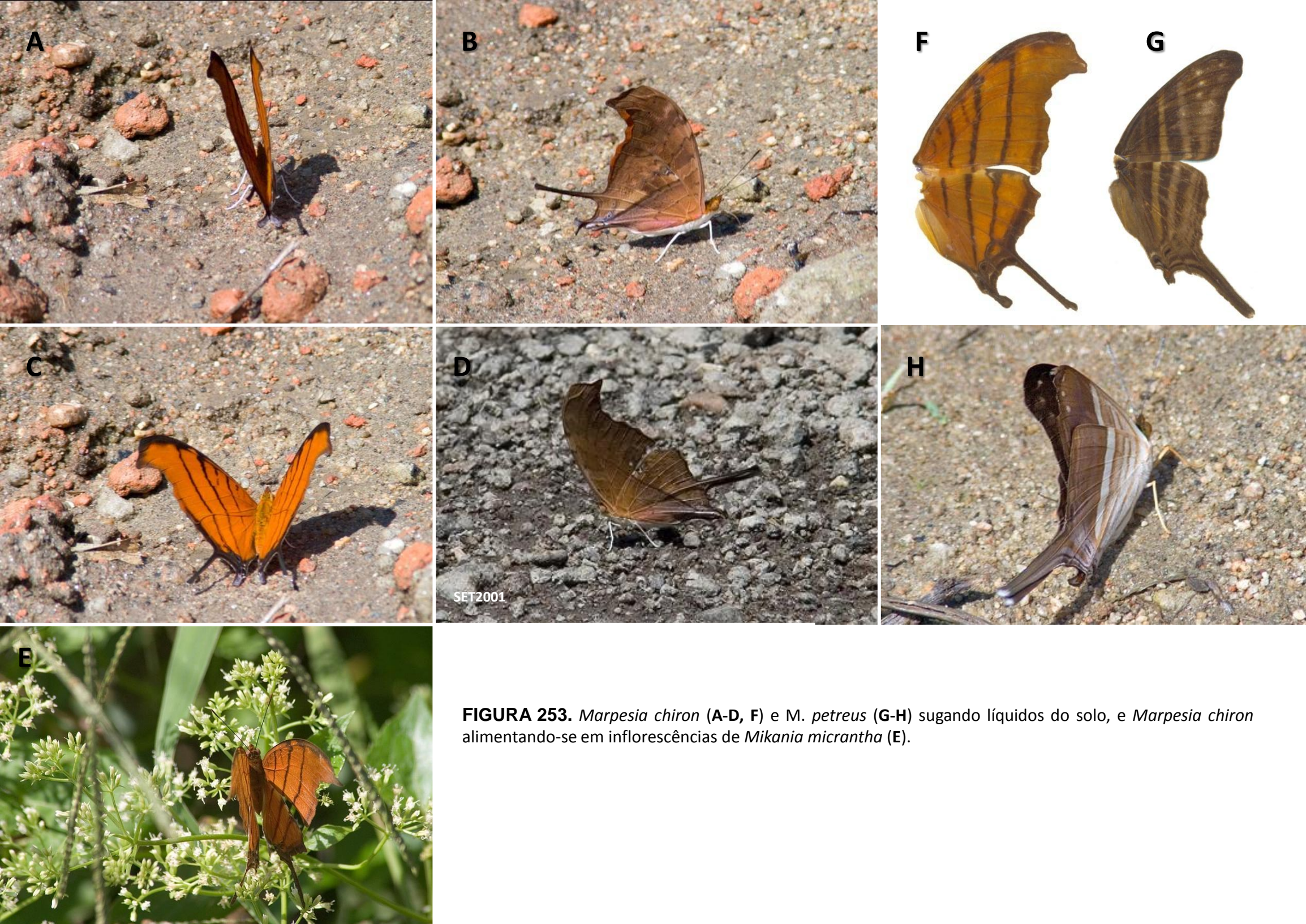



FIGURA 253. *Marpesia chiron* (**A-D, F**) e M. *petreus* (**G-H**) sugando líquidos do solo, e *Marpesia chiron* alimentando-se em inflorescências de *Mikania micrantha* (**E**).

A

FIGURA 56

C

E

ABR2004

B

D

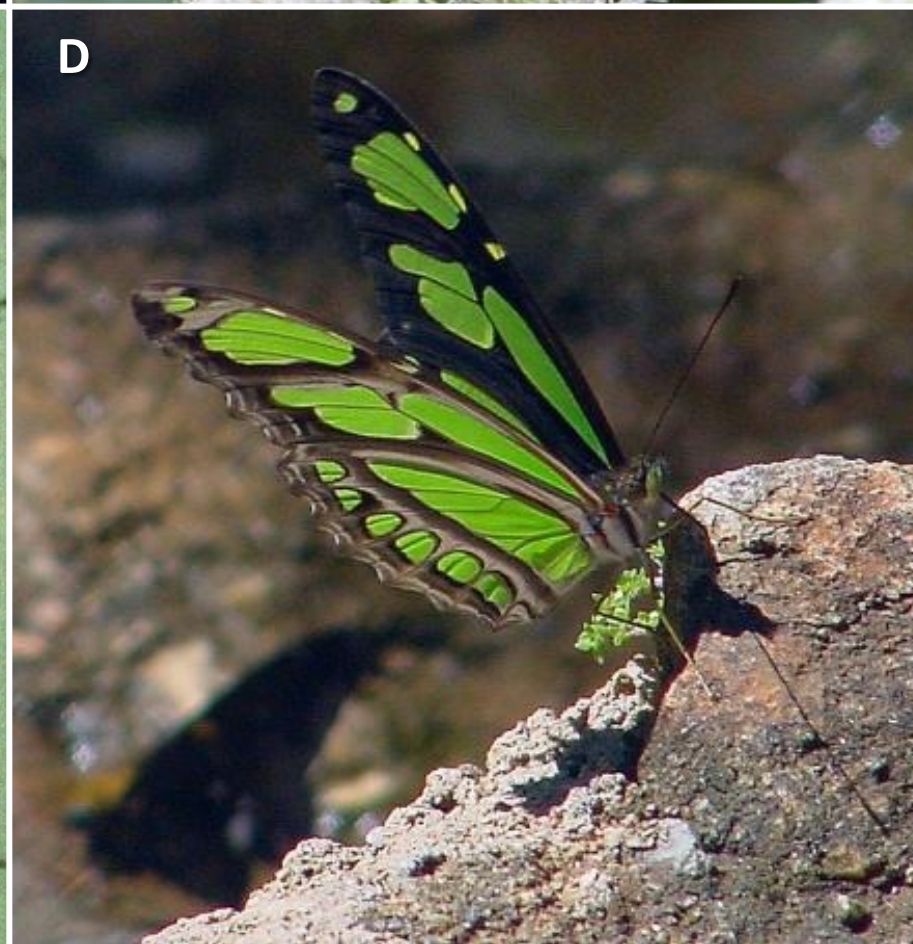



FIGURA 254. Aspectos do comportamento de alimentação de borboletas do gênero *Philaethria*. (**A-B**) *Philaethria dido* sugando substrato na margem do Alto Rio Juruá, AC; (**C**) *P. wernickey* em flores de *Austroeupatorium inulaefolium* e (**D**) sugando substrato em pedra úmida de riacho, Serra Negra, SP; (**E**) idem em flores de *Mikania micrantha.*

A

MAR2006

B

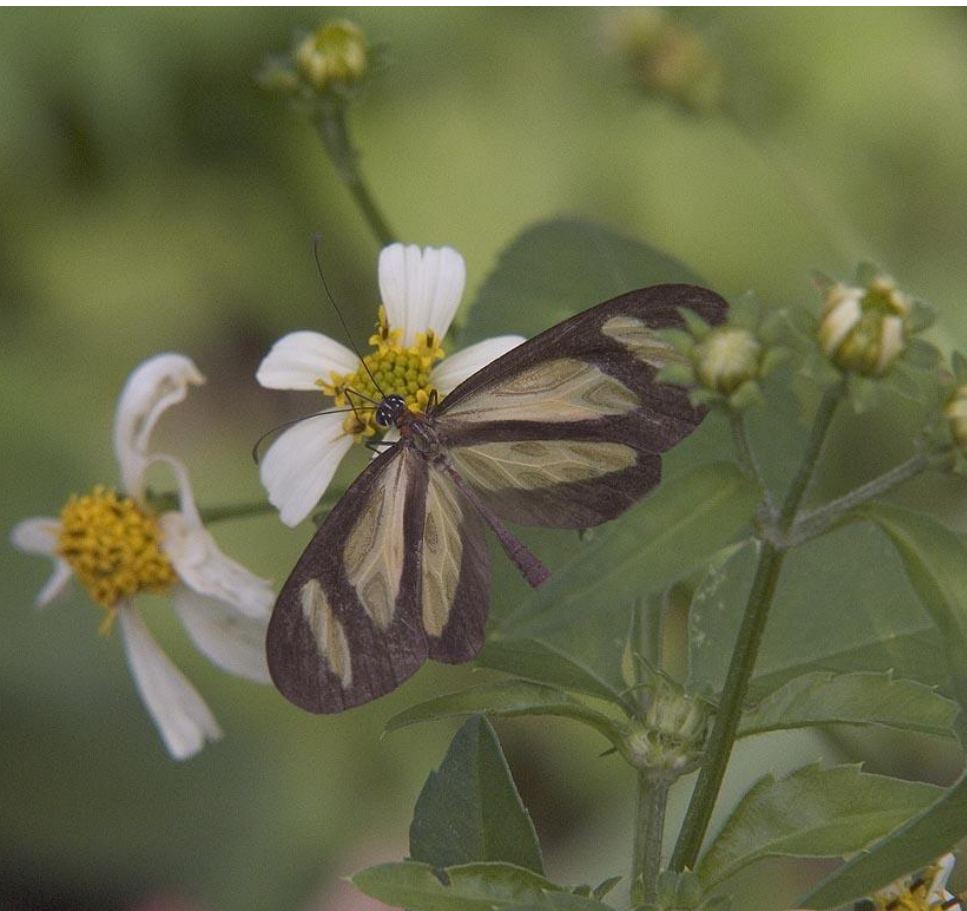
MAR2006

FIGURA 255. Borboleta *Hypanartia bella* sugando substrato úmido da estrada e em inflorescência de *Bidens alba*

FIGURA 256. (**A**) Fêmea muito velha do itomíneo *Aeria olena* em flores de *Bidens alba* e (**B**) *Ithomia drymo em Bidens alba* e (**C**) macho de *Melinaea ludovica parayia* alimentando-se em inflorescências de *Adenostema viscosum.*

B

MAI2005

A

AGO2010

C

FEV2005

A

ABR2002

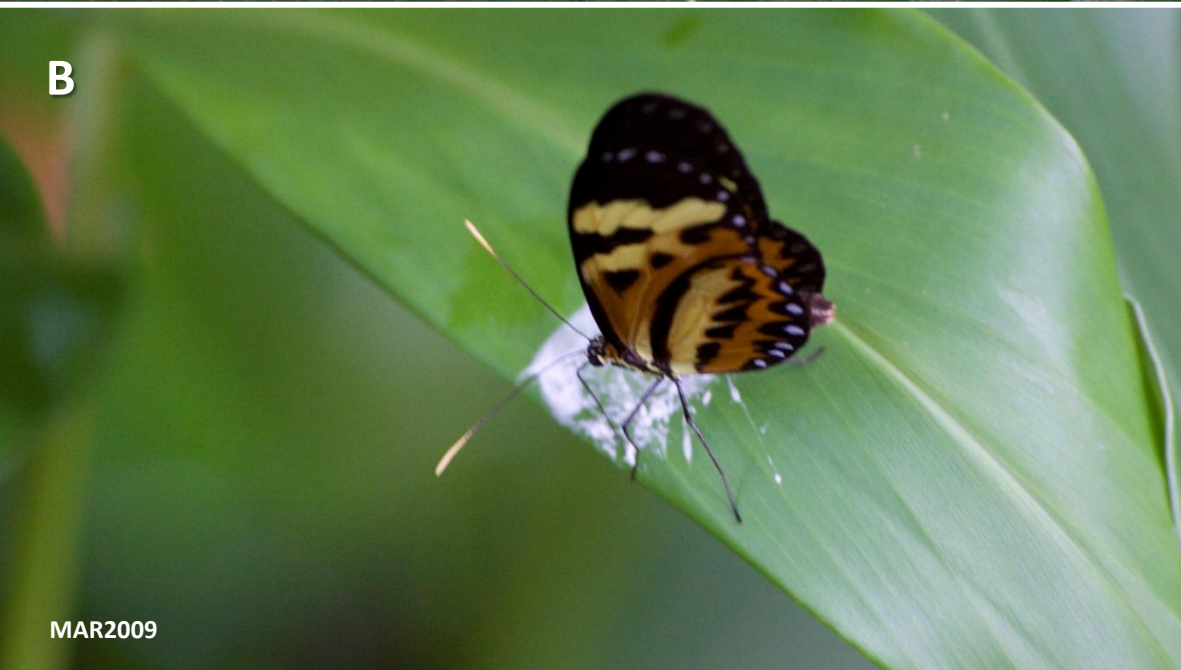
B

MAR2009

FIGURA 257. Aspectos do comportamento de alimentação de borboletas itomíneas. (**A**) *Melinaea ludovica parayia* e (**B**) *Hypothiris ninonia daeta* sugando feses de aves sobre folhas.

FIGURA 258. *Eueides isabella dianasa* em inflorescência de *Austroeupatorium inulaefolium*, rica em alcalóides desidropirrolizidínicos tóxicos para vertebrados.

A

B

FIGURA 259. Duas espécies de hesperídeos mostrando a longa espirotromba usada para obter o néctar de flores com tubo longo.

ABR2010

FIGURA 260. Adulto de hesperiideo alimentando-se nos nectários de *Ludwigia* sp. (Onagraceae), Parque das Nascentes, Paranapiacaba, Sto. André, SP.

A

B

C

FIGURA 261. (A-B) Bando de ninfalídeos em fezes de vertebrado. (C) Uma *Memphis* sp. em esterco de gado quase seco.

A

B

C

FIGURA 262. (**A**) um *Caligo* sp. e uma (**B**) *Colobura dirce* sugando resina de árvore. (C) Uma *Doxocopa agathina* vacuna sugando material do para-brisa de um veículo.

A

JUL2010

B

MAR2008

C

FIGURA 263. (A) *Archaeoprepona demophoon antimache* (B) *Morpho helenor achillaena* e (C) *Morpho anaxibia* sugando banana fermentada.

FIGURA 264. O riodinídeo *Ancyluris aulestes pandama* em inflorescência de *Bidens alba* (**A**) e sugando umidade no solo da estrada (**B-D**).

A

B

C

D

OUT2004

FIGURA 265. Sequência de alimentação de um macho de *Tegosa claudina* em inflorescência de *Wedellia paludosa* mostrando que ele anda em círculos sobre a inflorescência para procurar as flores com néctar.

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

Capítulo 7

Reprodução em borboletas

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

REPRODUÇÃO EM BORBOLETAS

A maior parte dos adultos das espécies de borboletas têm uma longevidade relativamente baixa. Isso porque passam a maior parte do seu ciclo de vida na forma de ovo, larva ou pupa fazendo com que tenham pouco tempo disponível para dedicar-se a atividade reprodutiva.

Para as espécies que têm um estágio adulto mais duradouro geralmente as fêmeas maturam seus óvulos mais vagarosamente enquanto naquelas menos longevas as fêmeas emergem com os óvulos prontos para serem fecundados ou estes podem ficar maduros em poucas horas. Padrões similares de maturação das gônadas podem também ser encontrados nos machos.

As revisões mais abrangentes sobre o acasalamento de borboletas foram feitas por James A. Scott, em 1973 e 1975 e Ronald L. Rutowski, em 1982. Nelas esses autores distinguem a fase de corte ou namoro da fase de cópula propriamente dita.

A corte serve primariamente para que indivíduos da mesma espécie, mas de sexos opostos, se reconheçam e assim evita acasalamentos interespecíficos. Como os indivíduos precisam cuidar-se para também não serem predados, eles devem ser pouco receptivos em relação a outras espécies no seu ambiente. Um das consequências disso é a seleção de características visuais ou olfativas que evitem a predação e maximizem o reconhecimento interespecífico.

A fase de corte é o principal mecanismo de isolamento entre as espécies de borboletas – um mecanismo prézigótico - embora ainda seja pouco estudado. A seleção sexual parece ter um papel importante, principalmente para os machos de borboletas.

As fêmeas não receptivas geralmente podem copular apenas após uma corte prolongada. Embora vários comportamentos sejam importantes no processo de corte, principalmente aqueles onde feromônios são liberados, parece haver uma forte seleção para que os machos sejam os mais persistentes possíveis.

Em 2005, no Vale do Rio Quilombo, observei um macho de *Heliconius erato phyllis* cortejando uma fêmea que estava pousada sobre uma folha grande de *Pothomorphe* sp. (Piperaceae). O macho pairou no ar sobre ela, voando sem parar (**FIG. 266 A**) e a fêmea fez apenas pequenos movimentos como se estive tremendo mas sem sair do lugar. Esse comportamento durou 5 minutos quando então se desfez com a fêmea pousando sob folha próxima e o macho voando para uns 2 m do local. Comportamentos como esse, com diferentes modificações, são bastante comuns em borboletas.

Geralmente as fêmeas são passivas ao assédio sexual, mas, quando estão receptivas, podem assumir posturas que facilitam o acoplamento e cópula. A cópula pode durar poucos minutos ou muitas horas. Depois disso, o macho renova suas energias se alimentando e parte para novas tentativas de cópula.

O ritual de corte de outro ninfalídeo, *Eueides aliphera*, que é da mesma tribo que *H. e. phyllis*, é bastante parecido (**FIG. 266 B-C**).

Isto se repete com *Heliconius sara apseudes*, observado em 9 de abril de 2008 quando um macho assediou uma fêmea que se alimentava em flores de gervão (**FIG. 267**) e com *Dryas iulia alcionea* (**FIG. 269**), observado em 5 de maio de 2008.

A

B

C

D

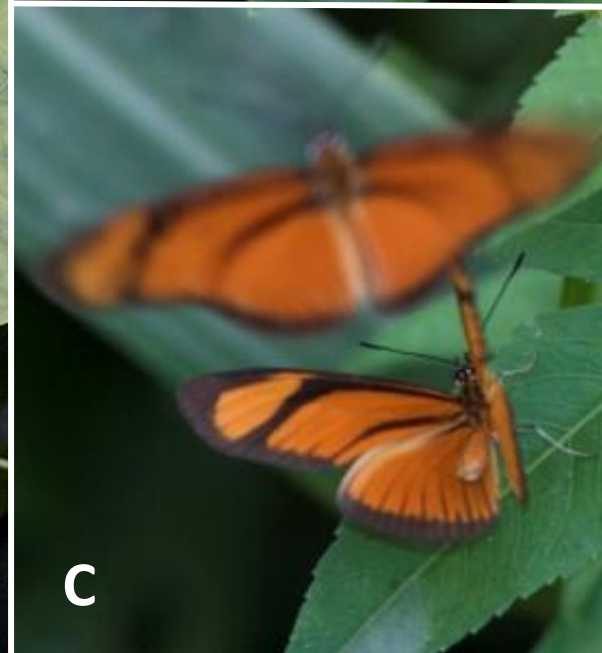
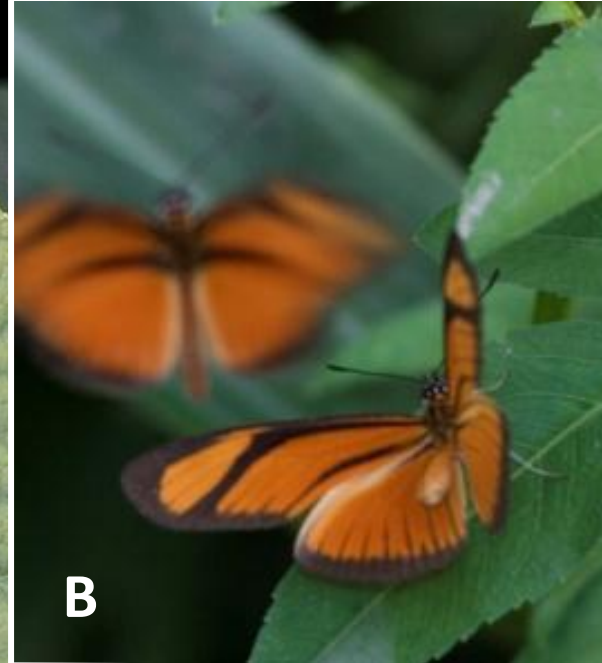
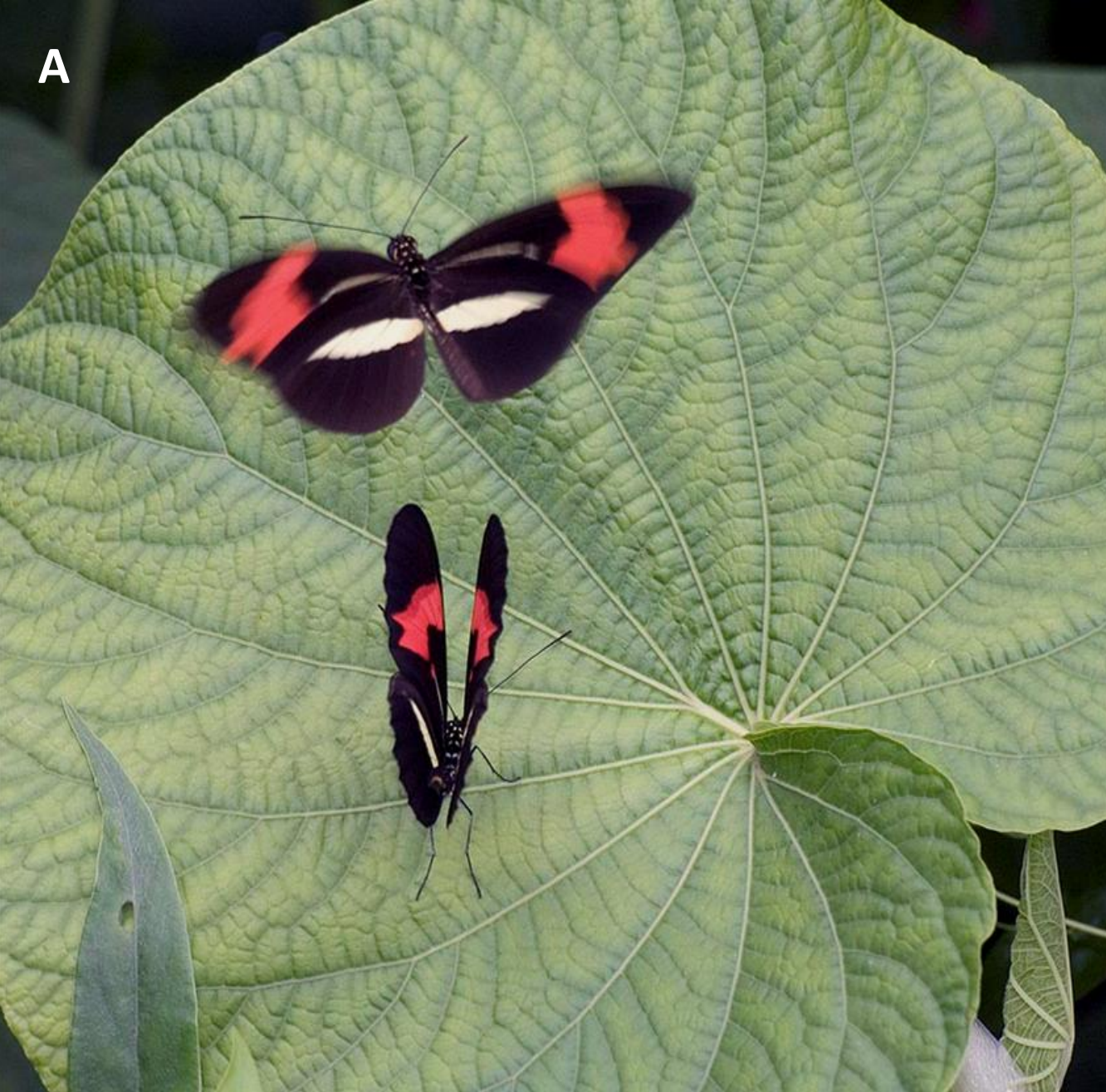



FIGURA 266. (A) Corte de *Heliconius erato phyllis.* O macho paira continuamente sobre a fêmea que apenas faz pequenos movimentos tremulantes sem sair do lugar. Depois de 5 minutos o macho desiste. **(B-D)** Corte de *Euides aliphera* com padrões similares ao de *H. erato phyllis* (veja também a FIG. 217 na página seguinte).

ABR2009

FIGURA 267. (A-J) Outra sequência de corte de *Eueides aliphera aliphera*, observada em 16 de abril de 2009 e com padrões similares ao de *H. erato phyllis*.

A B C D E F G H I

A B C D E F G

ABR2008

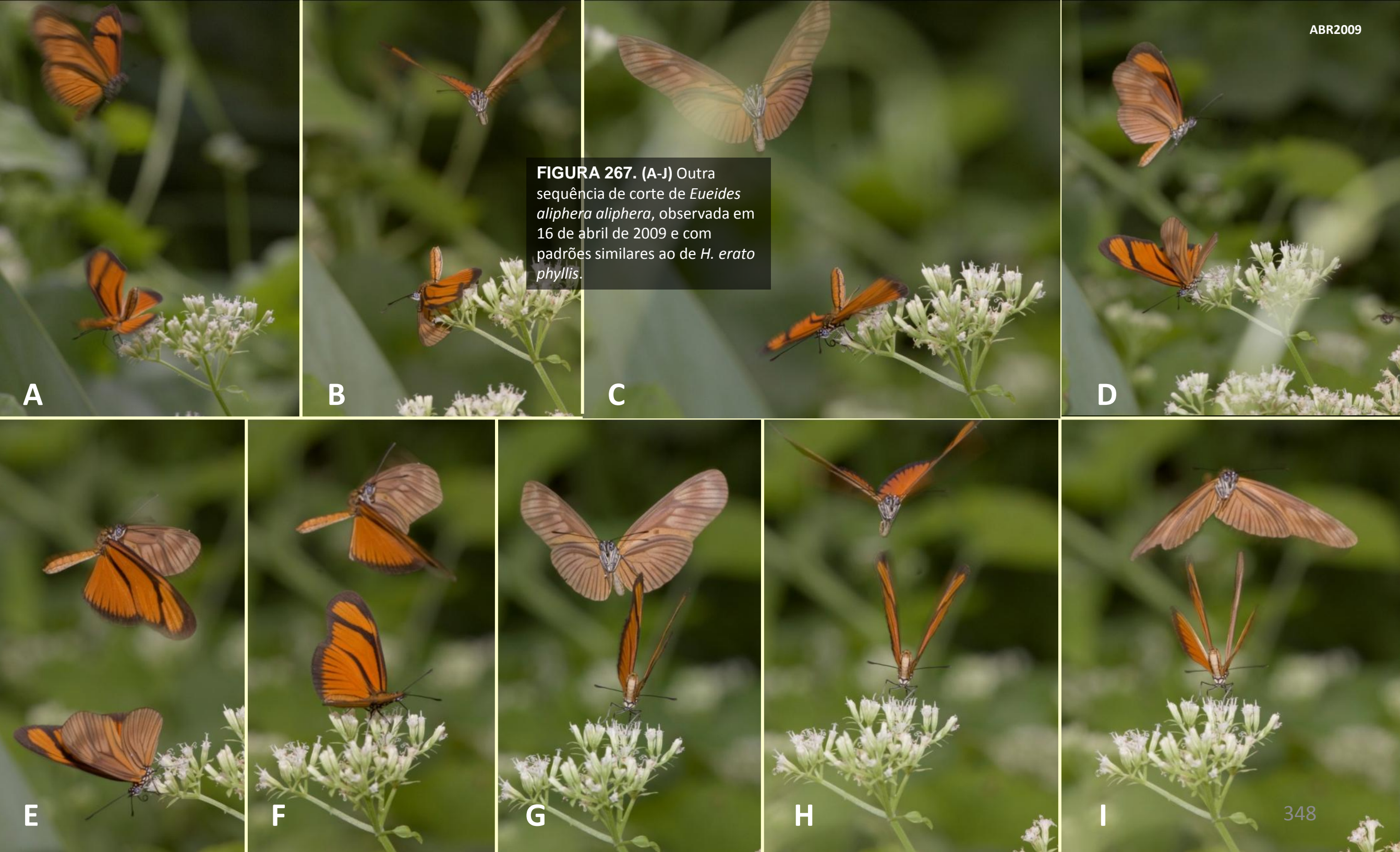
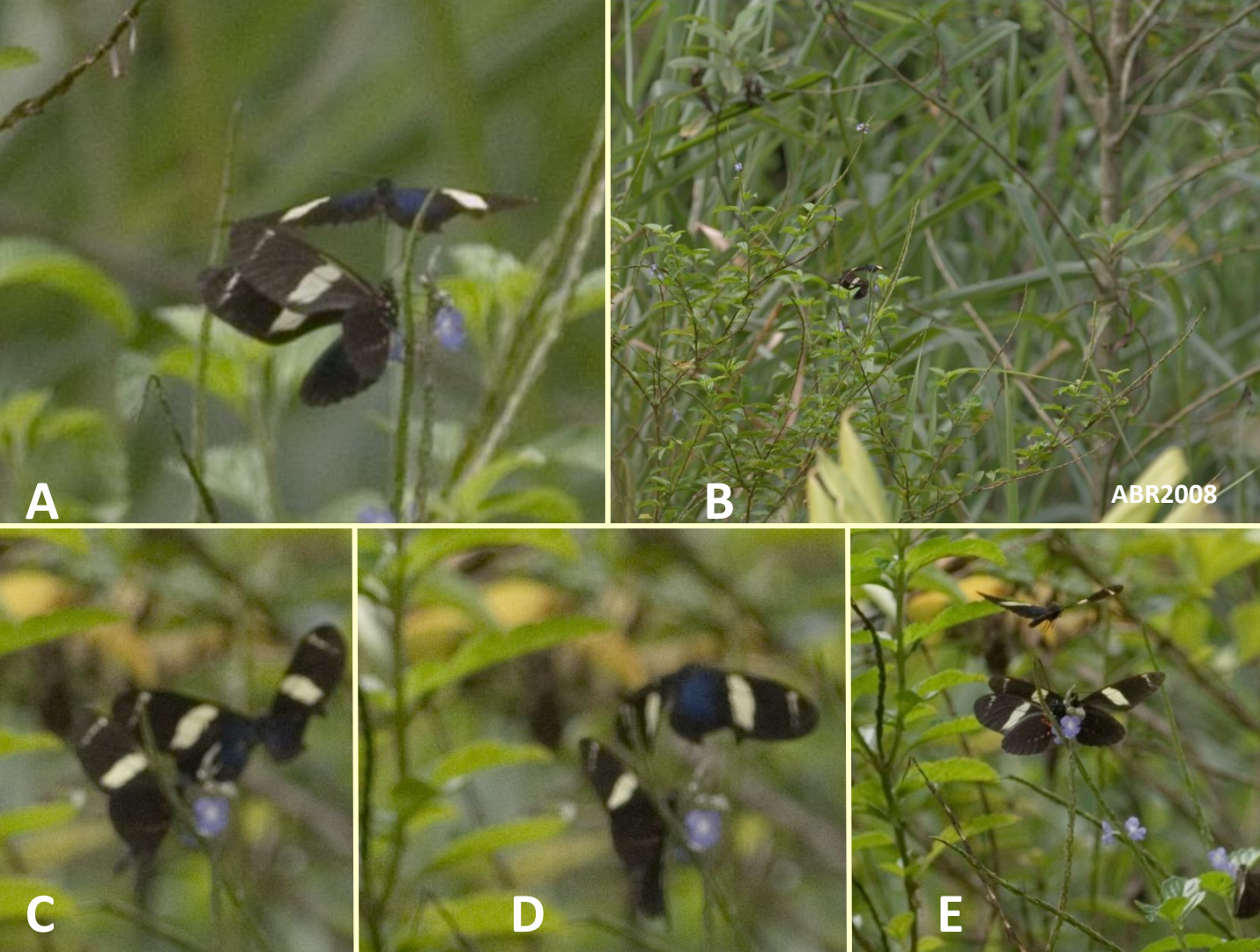



FIGURA 268. **(A-G e H-I; pág. seguinte)** Corte de *Heliconius sara apseudes*, observada em 9 de abril de 2008. Começou quando o macho assediou a fêmea que estava se alimentando em flores de gervão. Ele iniciou o vôo circular sobre ela que durou 40 segundos. Ela voou para uns 2 m de distância pousando em samambaias e o macho continuou o assédio.

H

I

FIGURA 268. Continuação da página anterior.

MAI2008

FIGURA 269. Ritual de acasalamento de *Dryas iulia alcionea*.

As espécies de borboleta podem ser divididas de acordo com a idade mínima para o acasalamento. Existem algumas onde os machos podem copular já com um dia de idade como *Chlosyne lacinia* (**FIG. 270**) e outras que podem copular só após alguns dias como *Heliconius erato*. Para as fêmeas as precoces são *Heliconius sara,* que já pode ser fecundada antes de sair da pupa (**FIG. 271**) e as tardias que podem levar mais de 10 dias para poderem copular.

Ao que parece, a visão tem um papel importante na fase de corte das borboletas. Modelos inanimados, tanto de tamanho natural quanto maiores, têm sido usados para elicitar respostas entre os indivíduos. As respostas mais evidentes são direcionadas para os modelos maiores e/ou mais coloridos .

FIGURA 270. Fêmea não fecundadaa de *Chlosyne lacinia saudersi* em inflorescência de *Bidens alba*.

MAR2009

A

B

JUL1988

C

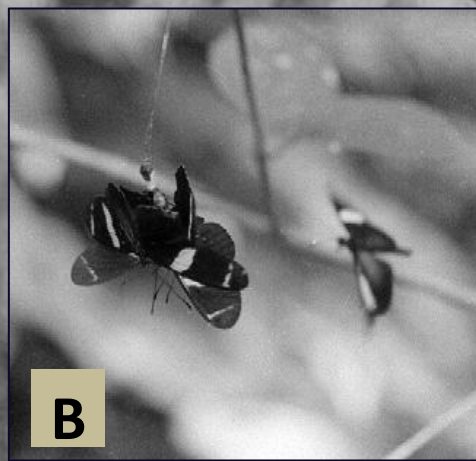
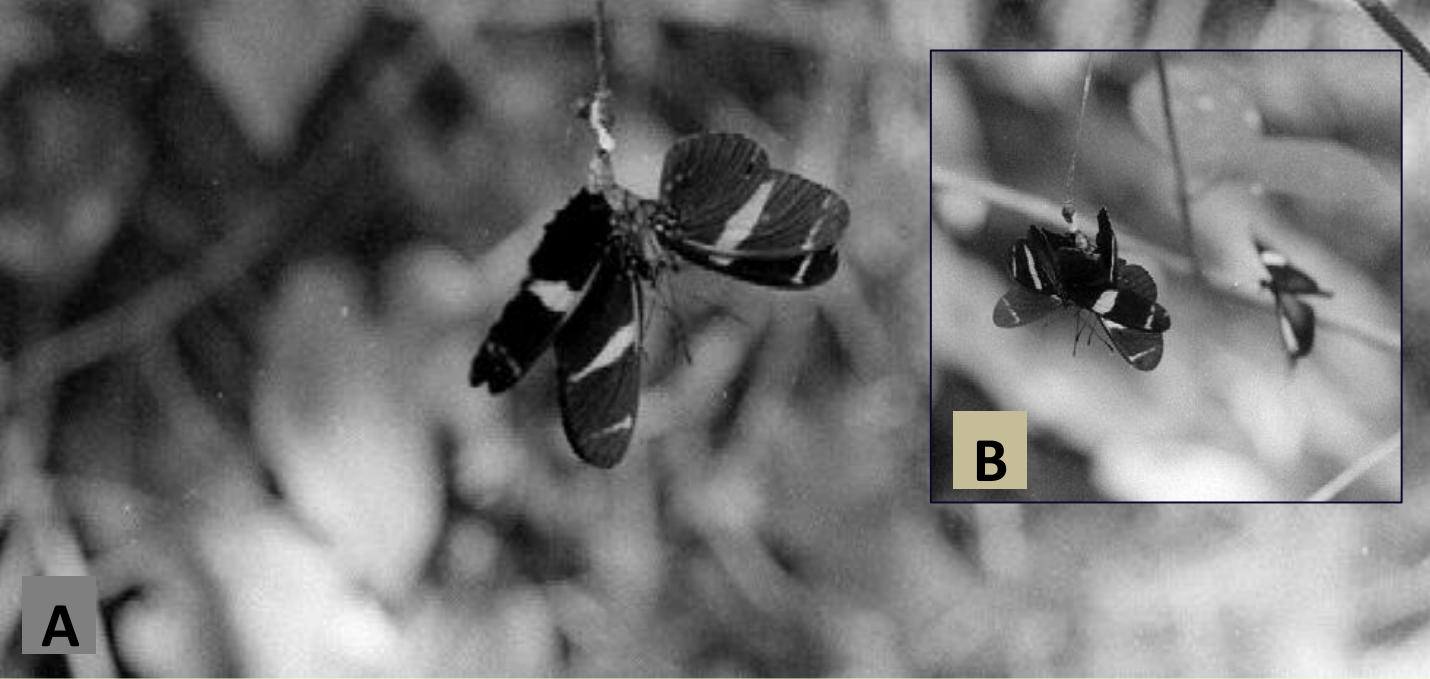



FIGURA 271. Machos de *Heliconius sara apseudes* tentando copular com uma fêmea que aida não saiu da pupa. (A-B) Reserva Biológica da CRVD, Linhares, ES; (C) Reserva da CEPLAC, Eunápolis, BA.

As borboletas usam dois métodos para localizar parceiros para acasalar: um passivo, de empoleirar-se e esperar, e um ativo, de procurar.

O primeiro método é o de empoleirar-se ("perching") onde os machos escolhem um ponto estratégico e elevado no terreno como galhos ou folhas e investigam os insetos que passam por ali (**FIG. 272-273-274**).

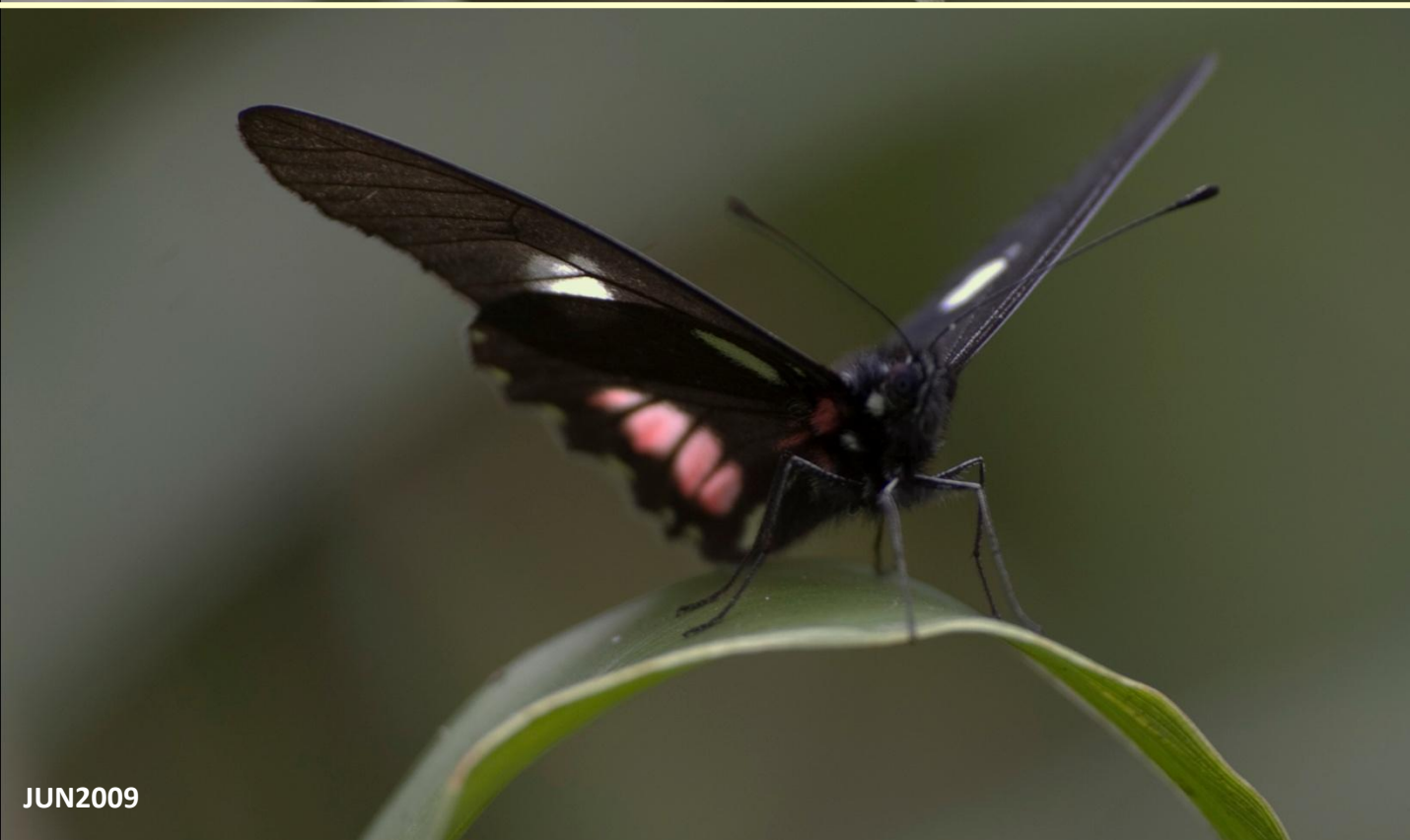
Geralmente as áreas de poleiro são limitadas tanto pelo espaço quanto pelo tempo enquanto nas espécies que patrulham essa áreas acabam sendo maiores devido ao deslocamento contínuo. Neste caso, os machos defendem essas áreas restritas mas SCOTT (1975) não usou o termo territorialidade para borboletas porque achou que a definição, feita para vertebrados, não seria aplicável à elas isto porque seria necessário um trabalho minucioso, com indivíduos marcados, para detectar todos os seus movimentos.

O segundo método é o de patrulhar ("patrolling") onde o macho voa continuamente a procura de fêmeas (**FIG. 275**) podendo ou não usar feromônios. Nessa estratégia, o movimento, o tamanho, cor e padrão alares além dos estímulos de odor podem ser importantes.

Um macho que procure fêmeas consegue copular reconhecendo esses sinais. Ele voa até ela e a corteja usando um conjunto de sinais visuais, químicos ou táteis. Os machos que patrulham são bastante atraídos por objetos parados que se pareçam com fêmeas.

Os sinais químicos dos machos são produzidos geralmente em estruturas especializadas como pinceis de pelos ou escamas especializadas no abdômen, como nos machosdo danaíneo *Lycorea cleobaea halia* (**FIG. 276**) ou nas asas, como nos machos do itomíneo *Melinaea ludovica parayia* (**FIG. 277**).

JUN2009

JUN2009

JUN2009

JUN2009

FIGURA 272. Macho *Archonias brassolis tereas* pousado em poleiros entre 2 e 4 m de altura e . Foto hemisférica para mostrar o seu território indicado pela linha vermelha (ida) e azul (volta) em um percurso que pode chegar a mais de 100 m dos dois lados da estrada.

FIGURA 273. Macho de *Eueides pavana* pousado em poleiro a uns 7 m de altura.

JUL2008

FEV2006

NOV2007

FIGURA 274. **(A)** Macho de *Hypanartia bella* empoleirado sobre folha da urticácea *Bohemeria caudata*. **(B)** Macho de *Archaeoprepona demophoon antimach*e empoleirado sobre tronco de *Cecropia pachystachia*.

A

ABR2010

B

AGO2005

C

MAR2008

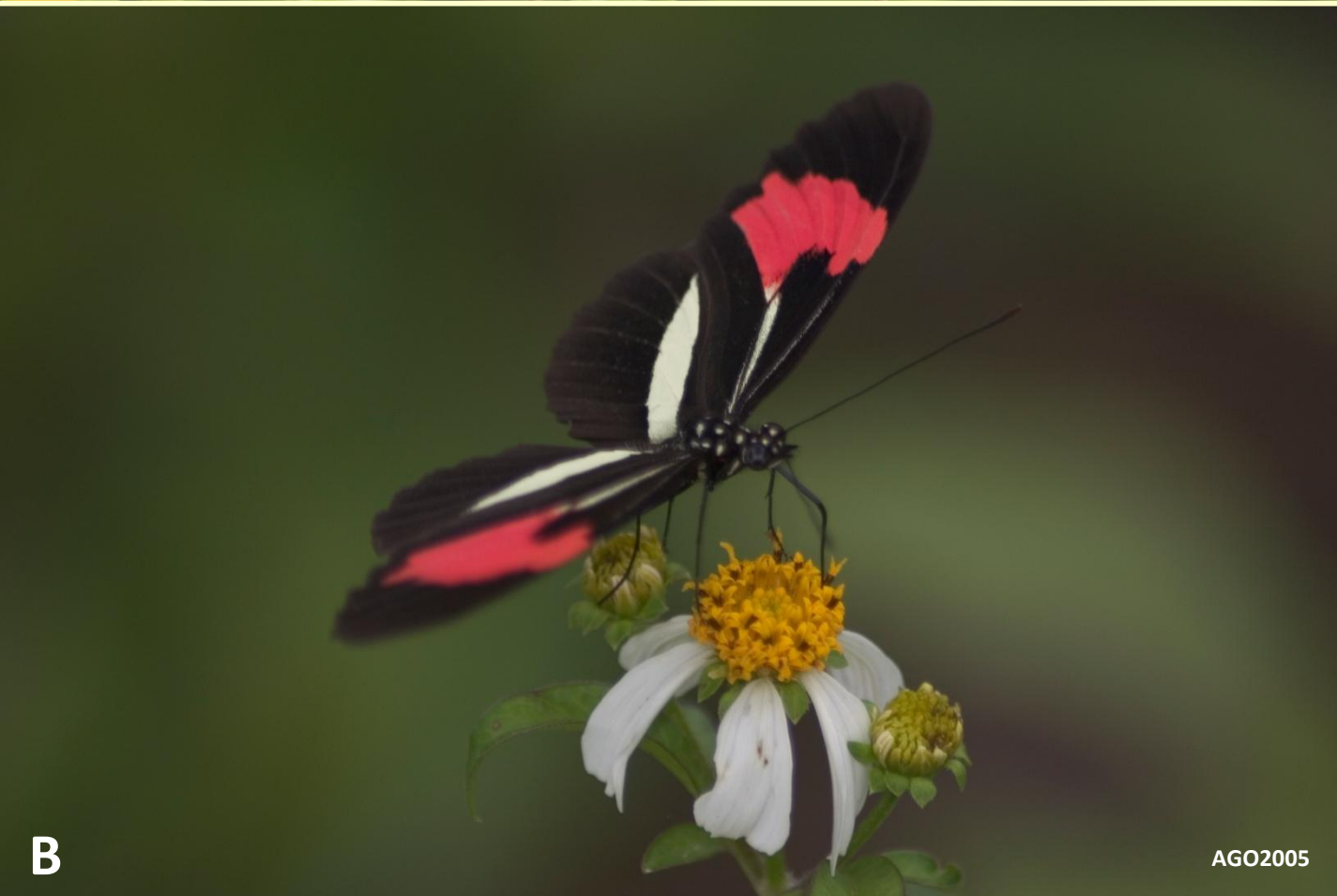



FIGURA 275. Espécies cujos machos são patrulhadores **(A)** Macho de *Anartia amathea roeselia* em inflorescência de *Wedelia paludosa*. (**B**) Macho *de Heliconius erato phyllis* em inflorescência de *Bidens alba*. Foto Carlo Leopoldo Bezerra Francini 8. (**C**) Macho de *Eresia lansdorfi*.

AGO2002

JAN2006

FIGURA 276. Macho da borboleta danaínea *Lycorea cleobaea halia* cujos pelos androconiais na extremidade do abdomem liberam feromônios usados no reconhecimento específico.

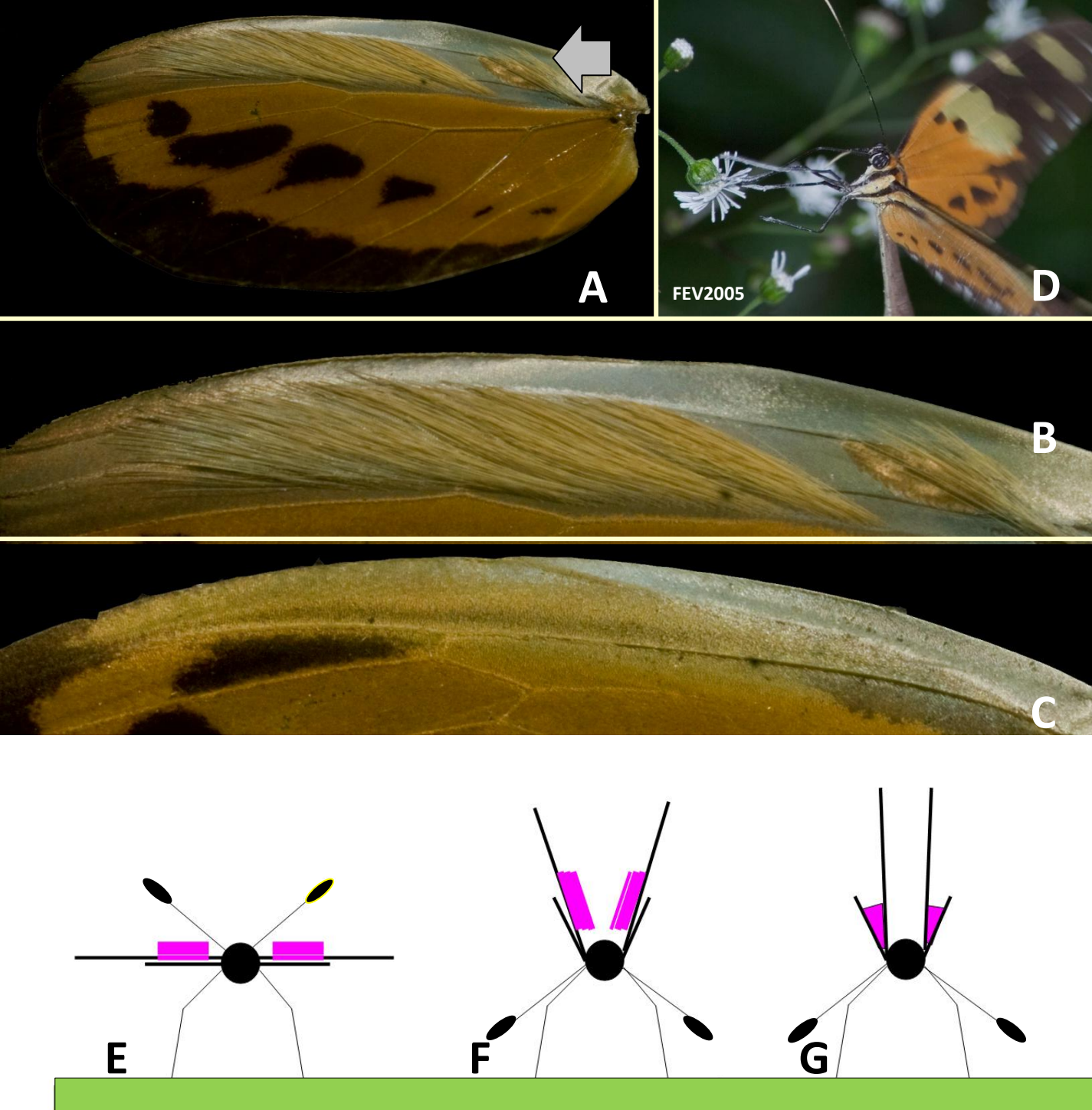



FIGURA 277. (**A**) Pelos androconiais que liberam feromônios na asa posterior de um macho de *Melinaea ludovica parayia*; (**B**) Em detalhe comparado com a mesma região (**C**) da asa da fêmea que não tem esses pelos. (**D**) Macho dessa espécie alimentando-se em inflorescências de *Adenostema viscosum* (Asteraceae). (**E-G**) Postura de exposição dos pelos androconiais (em rosa) de macho de itomíneo em vista traseira com as AA e AP formando um ângulo fechado (<45°). Modificado de Haber, 1978.

DIMORFISMO SEXUAL

Algumas espécies de borboletas apresentam dimorfismo sexual no padrão de desenho das asas ou de tamanho (**FIG. 278**). Quando não for possível a identificação do sexo em espécies que apresentam pouca diferença no padrão de desenho e cores das asas ela poderá ser feita pela inspeção da morfologia externa das genitálias.

Os machos geralmente tem uma fenda longitudinal que representa o espaço entre as valvas e as fêmeas não.

Phoebis philea philea

♂ ♀

Phoebis argante argante

♂ ♀ ♀

ABR2010

JUN2005

Anartia amathea roeselia

FIGURA 278. Duas espécies de pierídeos do gênero *Phoebis* que têm dimorfismo sexual de cor e uma de ninfalídeo do gênero *Anartia*. Neste caso as diferenças estão na coloração mais clara das fêmeas e na presença da macha branca na base das asas posteriores.

APARELHO REPRODUTOR MASCULINO

O aparelho reprodutor dos machos de borboletas é muito variado de um táxon para outro embora seja relativamente parecido em espécies do mesmo gênero.

Mas em quase todos, a genitália masculina é constituída por um par de valvas, como as dos machos *de Actinote pellenea pellenea* (**FIG. 279**) e uma estrutura ímpar, o unco, que serve junto com as valvas para segurar a extremidade do abdômen da fêmea para permitir a introdução do pênis que é uma estrutura fina suportada pela juxta e pelo saco.

Esse pênis tem conexão com os testículos que ocupam um enorme volume do abdômen do macho (**FIG. 280**). Além disso existem glândulas acessórias que fornecem o material necessário para a formação do espermatóforo na fêmea.

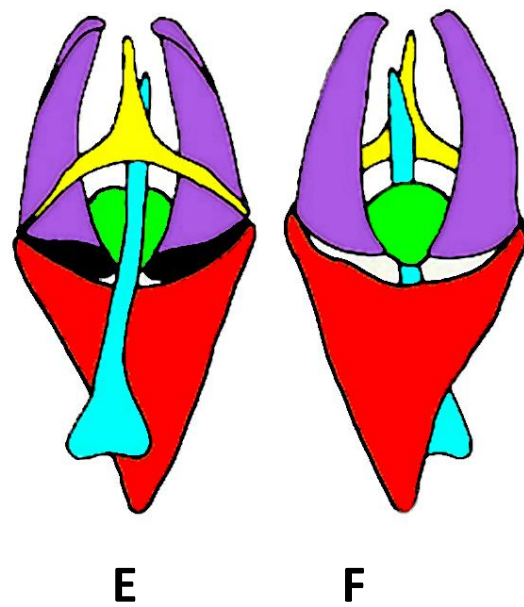
Na espécie citada acima, os machos virgens possuem uma grande quantidade de pelos na genitália que aparecem claramente quando a porção terminal do abdome de um deles é comprimida ligeiramente (**FIG 279 A-D**).

VALVAS
PÊNIS (AEDEAGUS)
UNCO
JUXTA
SACO

FIGURA 279. (**A-C**) Vista ventral e lateral (**D**) da genitália de um macho virgem da borboleta *Actinote pellenea pellenea* mostrando as valvas e o pincel de pelos. (**E**) vista dorsal e (**F**) ventral esquemática da genitália dissecada mostrando as principais peças esclerotizadas.

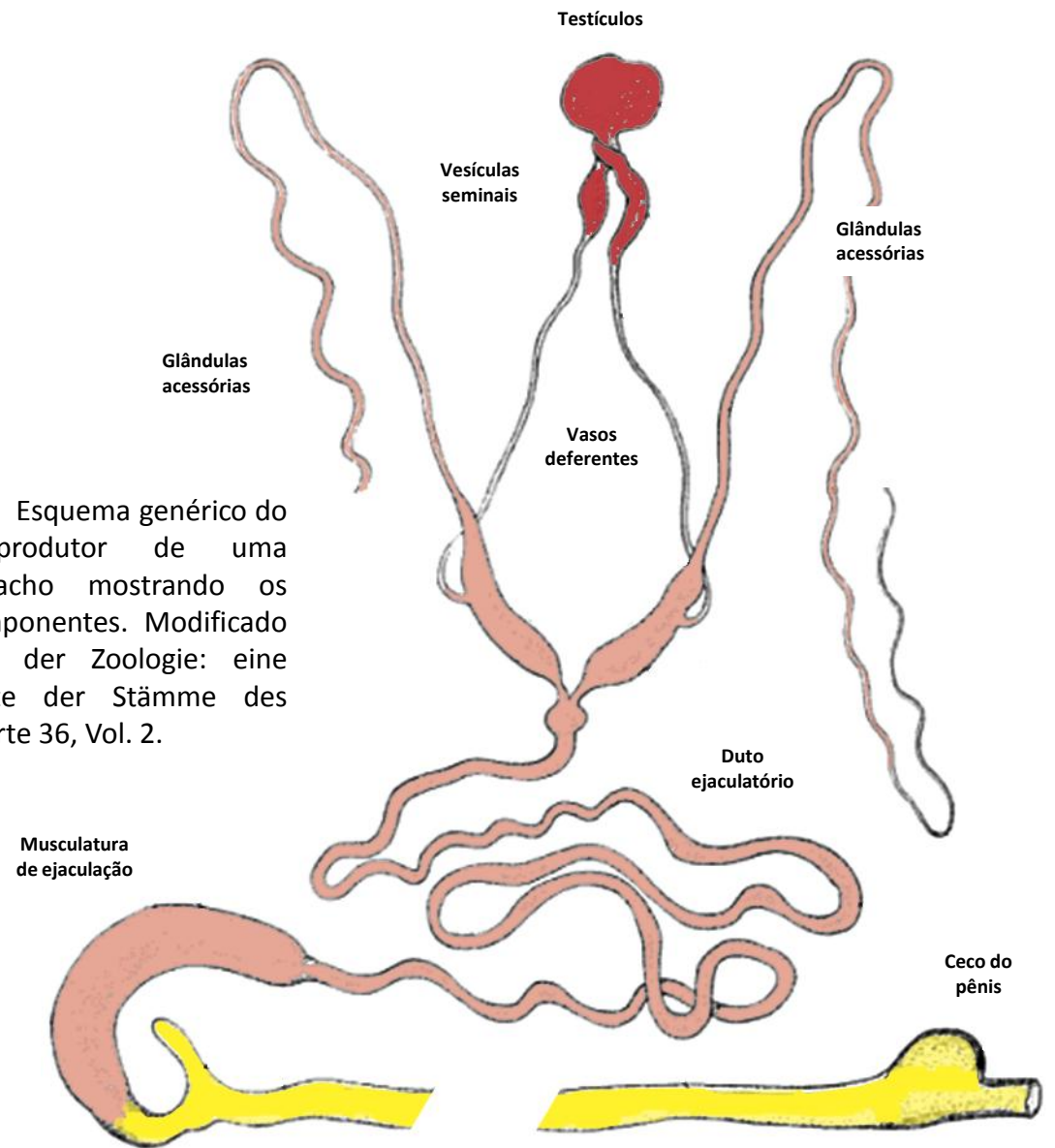



FIGURA 280. Esquema genérico do aparelho reprodutor de uma borboleta macho mostrando os principais componentes. Modificado de Handbuch der Zoologie: eine Naturgeschichte der Stämme des Tierreiches, Parte 36, Vol. 2.

APARELHO REPRODUTOR FEMININO

Como em todas as borboletas, a genitália da fêmea é do tipo ditrísio porque é formada por dois orifícios: o de cópula e o de oviposição (**FIG. 281-282**).

Durante a cópula o macho produz uma estrutura denominada espermatóforo dentro da *bursa copulatrix* (bolsa de cópula) do aparelho reprodutivo da fêmea (**FIG. 281**). O espermatóforo contém inicialmente uma grande quantidade de secreções das glândulas acessórias do macho que só depois de solidificadas recebem os espermatozóides.

Outras bolsas da fêmea também podem ser preenchidas com secreções do macho. A quantidade total desse material transferido pode chegar a ser 10% do peso do corpo do macho (equivalente a 7 kg de transferência de um homem de 70 kg ou cerca de 7 litros de ejaculação em uma única cópula).

Essas secreções são usadas pelas fêmeas no processo de ovogênese mas também podem ser usadas para sua manutenção somática como um alimento.

Por essas razões, essas secreções podem então ser vistas como um investimento do macho que tem disponível uma quantidade limitada. Em espécies miméticas que tem substâncias tóxicas de proteção contra predadores essa transferência é ainda mais importante para a fêmea e sua prole.

As secreções das glândulas acessórias incluem proteínas e lipídios que parecem estar disponíveis em quantidades muito limitadas nos adultos de borboletas dado que a maioria se alimenta somente de néctar. Com isso, se os machos são limitados na sua capacidade de produzir essas secreções, eles deveriam se beneficiar de serem seletivos em relação às fêmeas para quem fornecerá essas secreções.

Em várias espécies, os fluidos do macho que são transferidos pelo macho para formar o espermatóforo podem obliterar a entrada do orifício de cópula. Em outras espécies, os pelos da genitália do macho virgem vão se grudar na área do esterigma da fêmea (**FIG. 282 B**) do orifício de cópula da fêmea formando um tampão (**FIG. 282 C; 283**) denominado de "sphragis" (=selo).

Esses pelos se soltam e são aglutinados por substâncias adesivas de forma que o tampão também funciona impedindo que a fêmea possa fazer uma segunda cópula. Já que a longevidade dos adultos dessas espécies não é muito grande essa estratégia garantiria que apenas os machos mais novos pudessem copular.

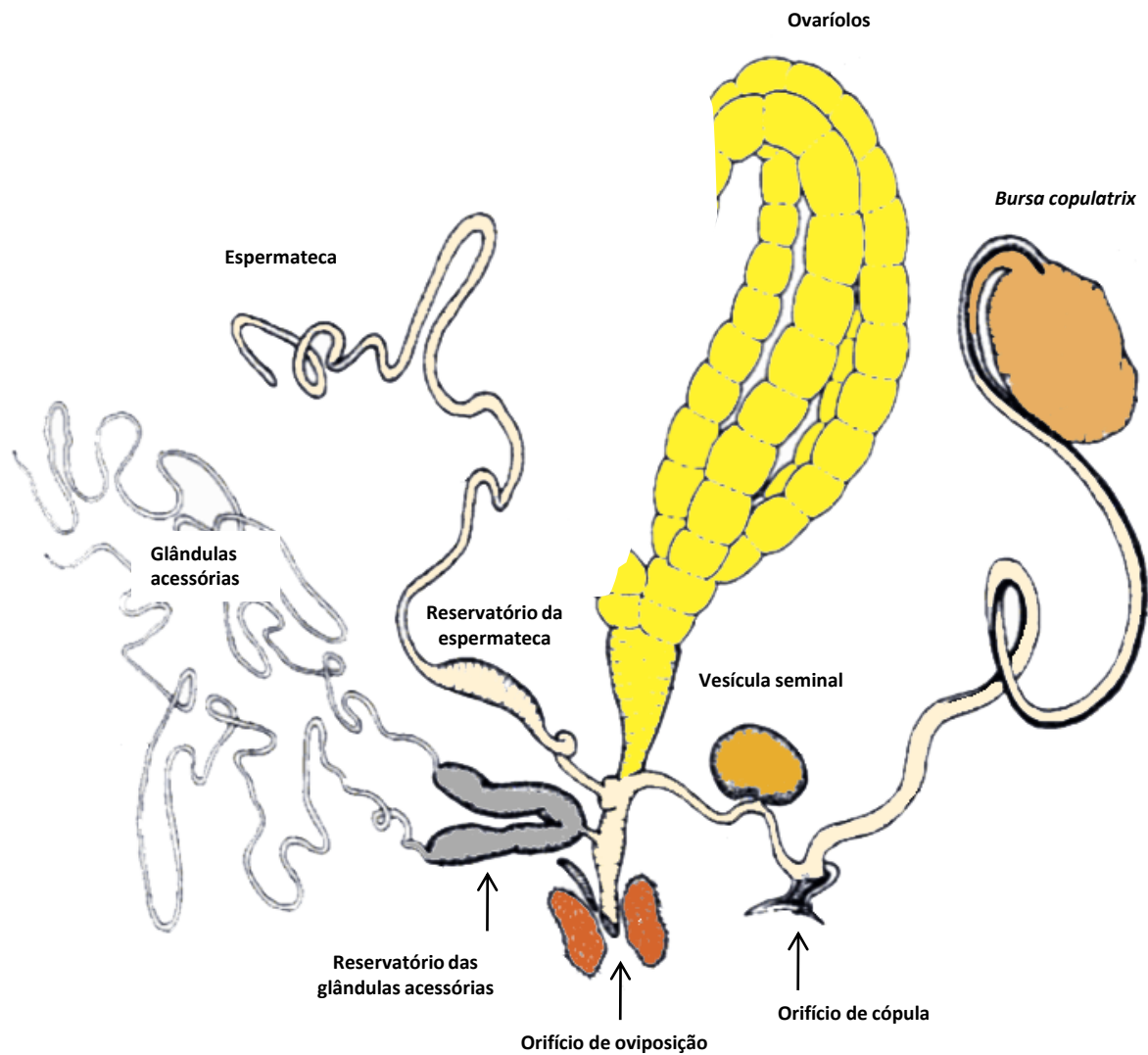



FIGURA 281. Esquema genérico do aparelho reprodutor interno de uma borboleta fêmea mostrando os principais componentes. Modificado de Handbuch der Zoologie: eine Naturgeschichte der Stämme des Tierreiches, Parte 36, Vol. 2.

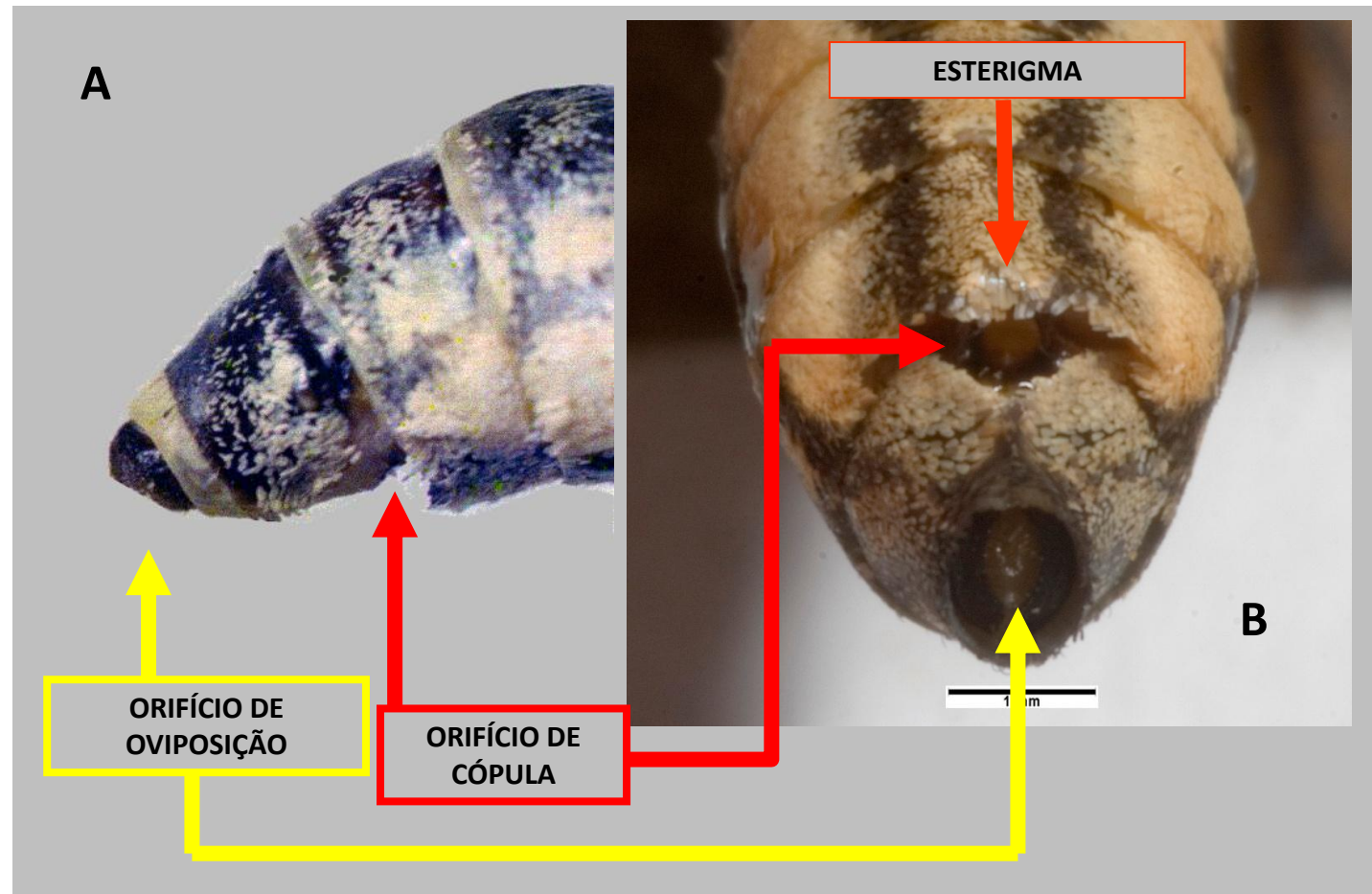



FIGURA 282. (**A-B**) Esquema genérico do aparelho reprodutor externo de uma fêmea da borboleta *Actinote pellenea pellenea* mostrando os principais componentes. (**C**) Fêmea fecundada mostrando o tampão de pelos sobre o orifício de cópula. Foto RBF ADULTO_LAB_IMG_6673.

SET2008

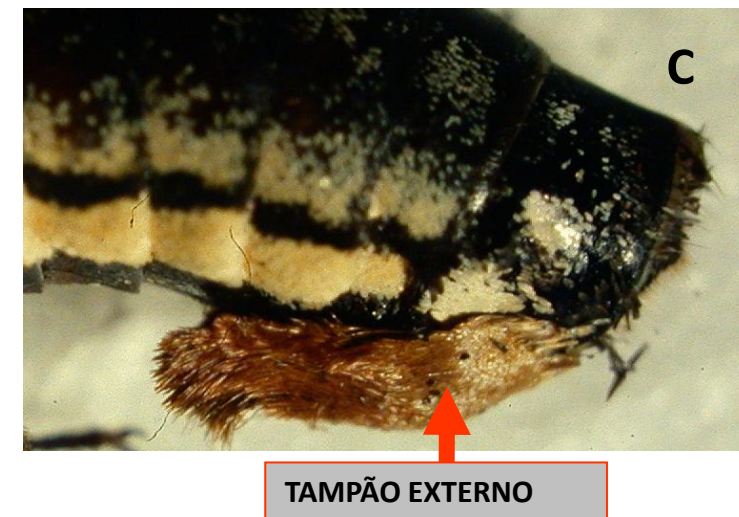
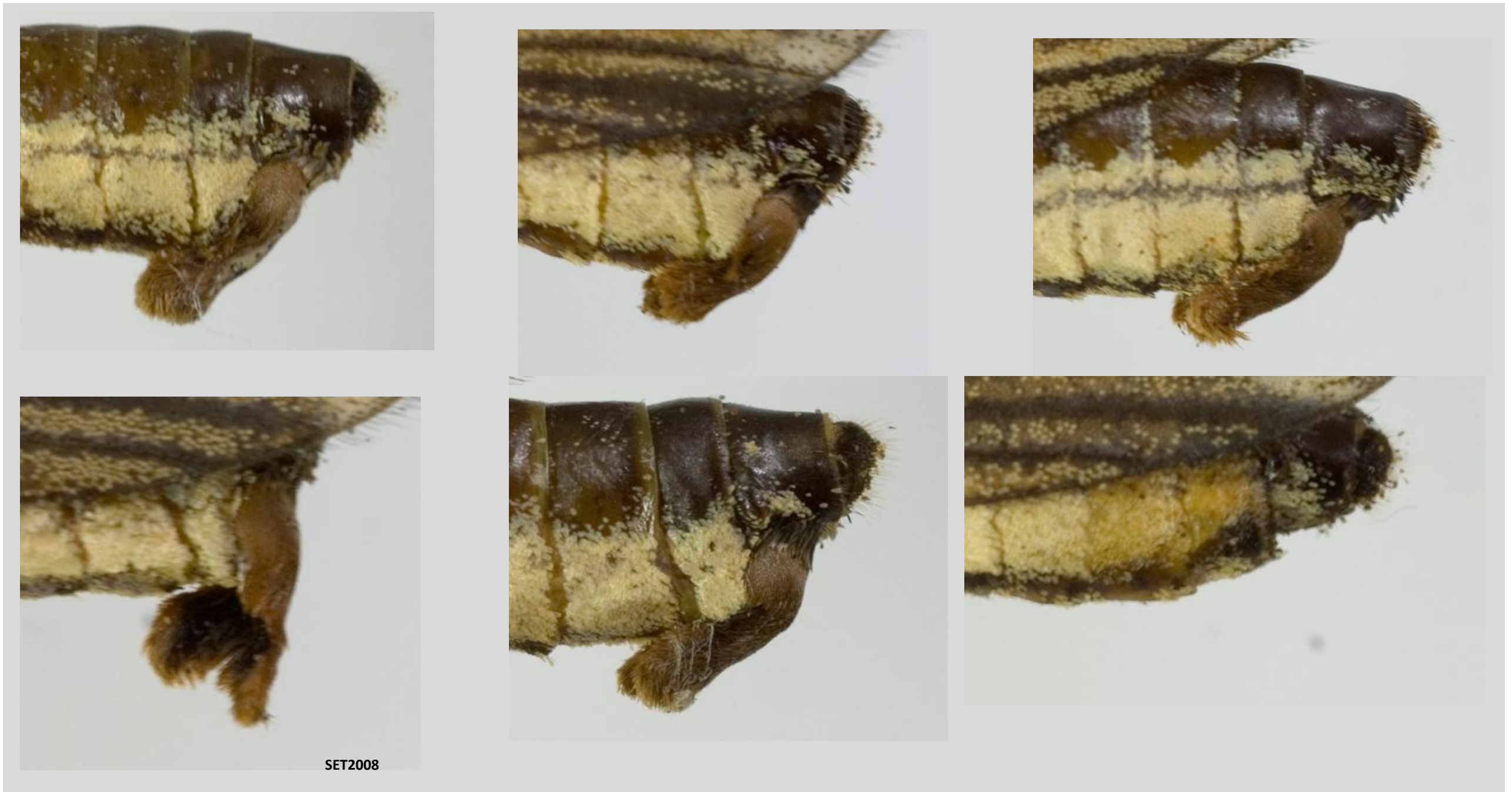



FIGURA 283. Variação dos tampões em seis fêmeas da borboleta *Actinote pellenea pellenea* fecundadas por machos em uma criação em laboratório sendo todos irmãos.

Um bom método de se estudar o comportamento de acasalamento é o de observar todos os detalhes das interações entre machos e fêmeas, incluindo as cópulas bem sucedidas. Mas, para conhecer qual o tipo de sistema de acasalamento de uma espécie não é preciso que sejam feitas tantas observações. Geralmente, o acasalamento ocorre onde e quando existem machos que investigam outros indivíduos. O tipo de sistema será descoberto verificando se o macho senta e espera ou voa continuamente a procura de fêmeas.

A localização das áreas de acasalamento pode ser próxima das plantas de alimento larval ou em sítios específicos que favoreçam o encontro dos dois sexos. Em várias espécies há uma tendência da procura por lugares mais elevados ("hilltoping") onde existirão maiores chances de ser encontrado um parceiro.

RITUAIS DE ACASALAMENTO

Uma vez que um macho encontre uma fêmea ela deverá reconhecê-lo como um parceiro potencial. Cada táxon tem uma sequência de comportamentos que formam o ritual de acasalamento que pode ser bastante demorado em algumas espécies.

Mas a fêmea tem que estar receptiva o que é bastante difícil porque a maioria é fecundada logo após sair da pupa. Quando não está disponível ela geralmente eleva o abdômen em um ângulo de 90° para impedir que o macho possa segurá-la. Em outras situações ela anda e se esconde embaixo de uma folha sobre a qual estava pousada antes. Finalmente pode começar um rápido vôo em espiral que pode chegar a uns 50 m de altura quando então o macho desiste (**FIG. 285-286**).

Se estiver receptiva existirão muitas características no macho que ela deverá levar em conta para aceitar a cópula. Essas características poderão estar associadas ao tamanho, à idade, a persistência ou qualquer outra que a fêmea possa reconhecer como importante.

As observações no campo mostram que a persistência ou performance no acasalamento seja um indicador importante do vigor do macho e portanto sua qualidade genética.

No entanto, em muitas espécies quando a cópula se inicia os parceiros ficam tão absortos na tarefa que não se preocupam muito com o que está acontecendo ao seu redor (**FIG. 284**).

Quando é preciso deslocar-se ou é o macho ou é a fêmea que transporta o parceiro batendo as asas durante o vôo. Essa é uma característica de cada táxon e que está relacionada ao dimorfismo sexual de tamanho, ou seja, o sexo maior é que transporta.

FIGURA 284. Casal de *Actinote carycina* em cópula com a fêmea subindo, andando, na mão de pesquisador.

FIGURA 285. Sêquência de um ritual de acasalamento de *Phoebis argante argante*. O macho é a borboleta amarela. Observar o abdômen da fêmea levantado e finalmente o vôo em espiral até o casal separar-se. Veja na página seguinte (**FIG. 286**) a sequência completa.

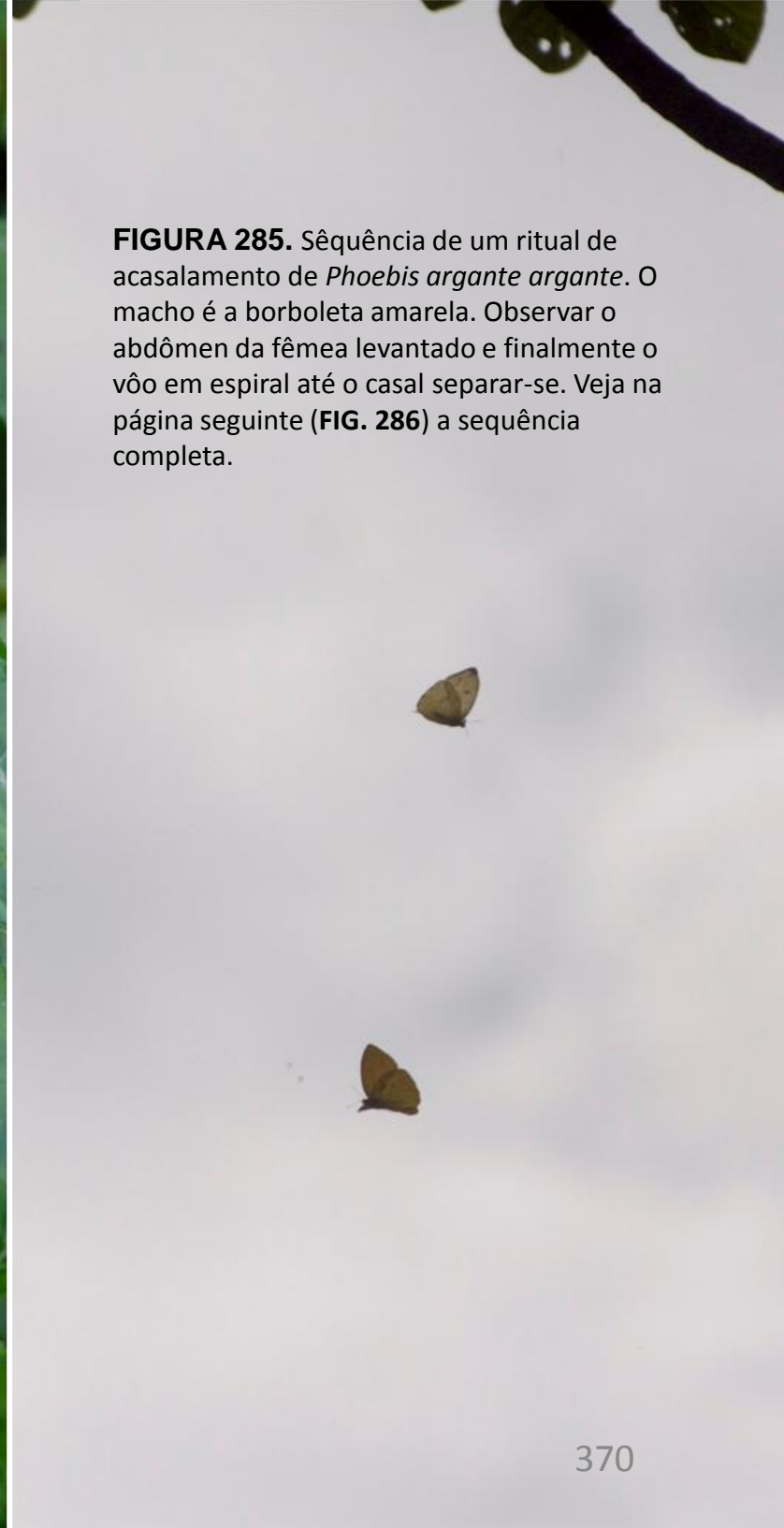



FIGURA 286. Sequência completa de um ritual de acasalamento de *Phoebis argante argante*. O macho é a borboleta amarela.

Quando a densidade é alta, no acasalamento do ninfalídeo *Eresia landosrfi*, os machos e fêmeas geralmente ficam juntos em manchas com flores onde se alimentam. De vez em quando, o macho gira ao redor da fêmea (**FIG. 287**) que pode ser ou não receptiva. Este é um padrão de ritual para muitos outras espécies próximas como *Eresia perna perna* (**FIG. 288**). Mas em todas elas, quando a densidade é baixa o macho torna-se um patrulhador procurando a fêmea ativamente.

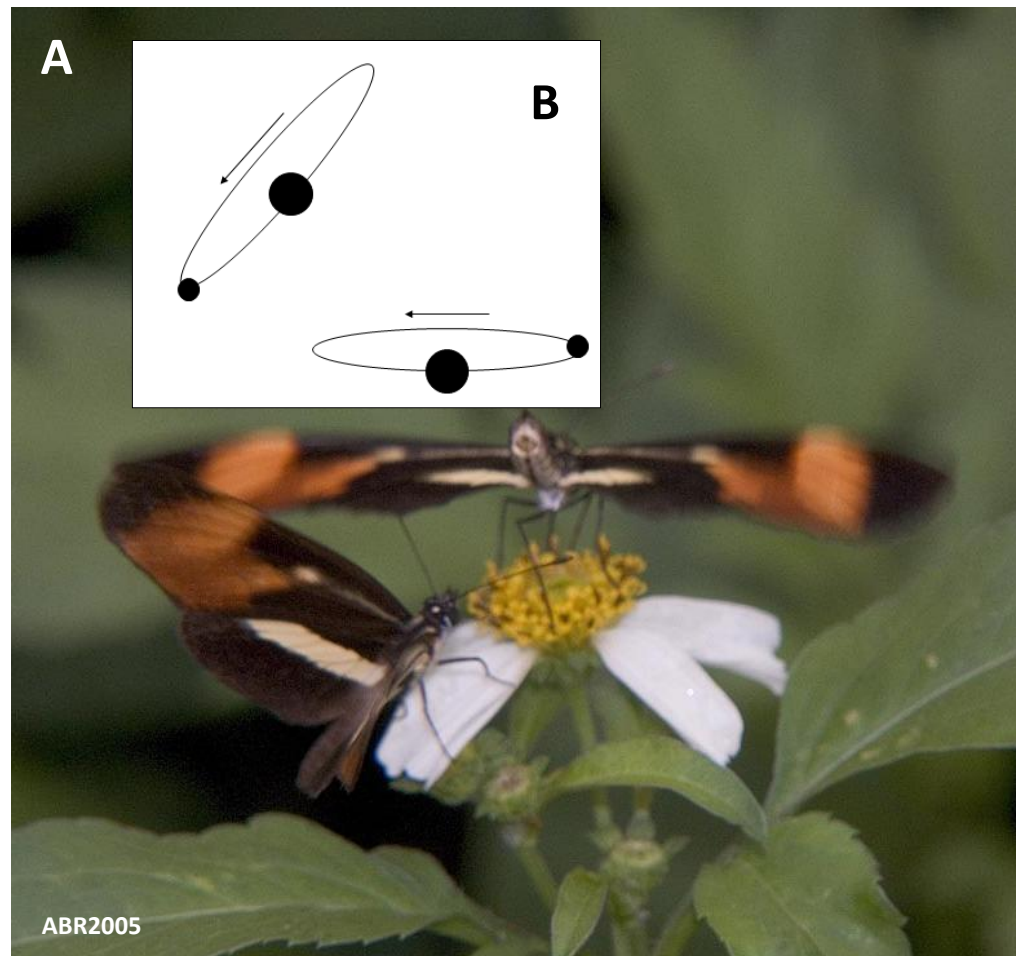



FIGURA 287. (A) Ritual de acasalamento de *Eresia lansdorfii*. Nessa espécie o macho voa em círculos (**B**) ao redor da fêmea a uma velocidade relativamente maior do que outros ninfalídeos.

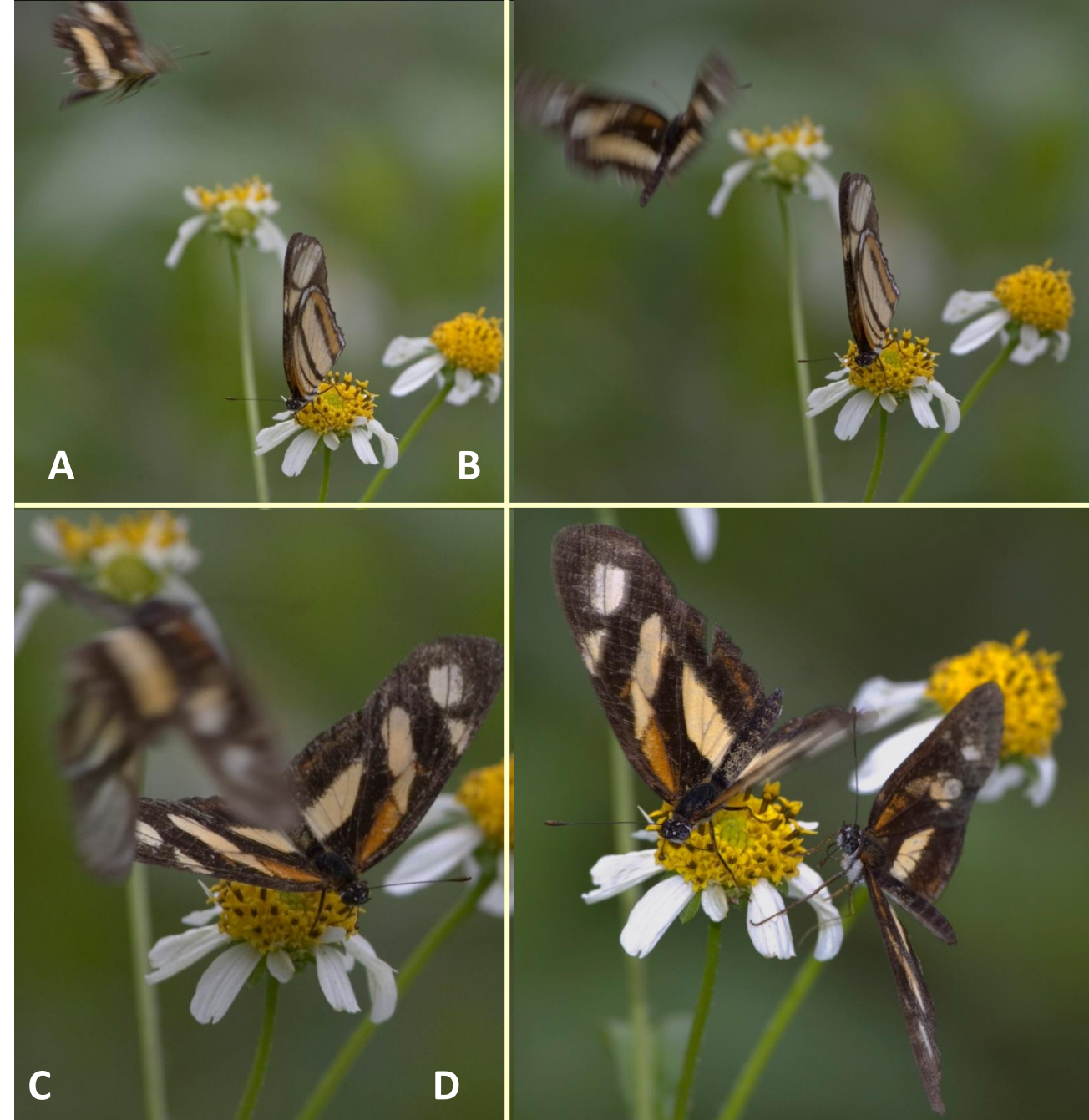



FIGURA 288. (A-D) Ritual de acasalamento *de Eresia perna*. Nas três primeiras foto a fêmea é a borboleta pousada na inflorescência de *Bidens alba*. Fotos RBF MAI2009.

Em uma outra espécie desse grupo, *Tegosa claudina*, o macho ou gira em torno da fêmea a uma distância maior de uns 30-50 cm acima dela ou fica voando no mesmo ponto como que parado no ar (**Figura 289**) sendo que essa interação pode incluir mais de um macho. Mas existe também momentos em que os dois ficam frente a frente com suas asas paralelas como se a fêmea estivesse medindo o tamanho do macho (**Figura 290**).

Quando a fêmea é receptiva é comum apareceram vários machos para cortejá-la (**FIG. 291**). Eventualmente ela pode voar e pousar em uma superfície plana de uma grande folha sendo perseguida por eles (**FIG. 292**). Sempre que dá o macho tenta segurar a extremidade do abdômen da fêmea com suas valvas dobrando o seu em forma de J (**FIG. 293**). Quando ela já foi fecundada a resposta é levantar o abdômen (**FIG. 294 A-C**).

Nessa espécies, o comportamento de corte pode ser separado em fases que se repetem muitas vezes durante o dia (**FIG. 295**).

Em uma espécie comum nas bordas, *Actinote pellenea pellenea*, já citada antes, os machos podem ser patrulhadores ou empoleiradores dependendo da densidade populacional. Mas ao encontrar uma fêmea ele praticamente não tem nenhum ritual aparente de aproximação, simplesmente a segura e copula com ela e isso pode acontecer inclusive em vôo.

Neste caso ele a derruba no substrato disponível e tenta copular (**FIG. 296 A-C**). Se a fêmea for virgem, após alguns segundos, o casal se imobiliza e pode ficar assim mais três horas para que seja feita a transferência de todo o material do macho para a fêmea (**FIG. 296 D**) .

Nas espécies de floresta, com densidade populacional mais baixa, o encontro ente os casais é menos frequente. como é o caso do ninfalídeo *Heliconius ethila narcaea*. O macho também é patrulhador e quando encontra a fêmea o ritual é parecido, com ele flutuando acima dela durante longo tempo (**FIG. 297 A-E**) até ela dar uma resposta positiva ou não. O mesmo acontece com o papilionídeo *Heraclides hectorides* (**FIG. 298**).

Em alguns casos o casal pode ficar camuflado pela vegetação como neste do pierídeo *Ascia monuste orseis* (**FIG. 299 A**), muito evidente como o de *Danaus erippus* (**FIG. 300 B**), ou com um aspecto que lembra uma aranha como neste casal do riodinídeo *Syrmatia nyx* (**Figura 301**).

FIGURA 289. Interação de acasalamento entre dois machos (um pousado e outro voando) e uma fêmea de *Tegosa claudina*.

ABR2009

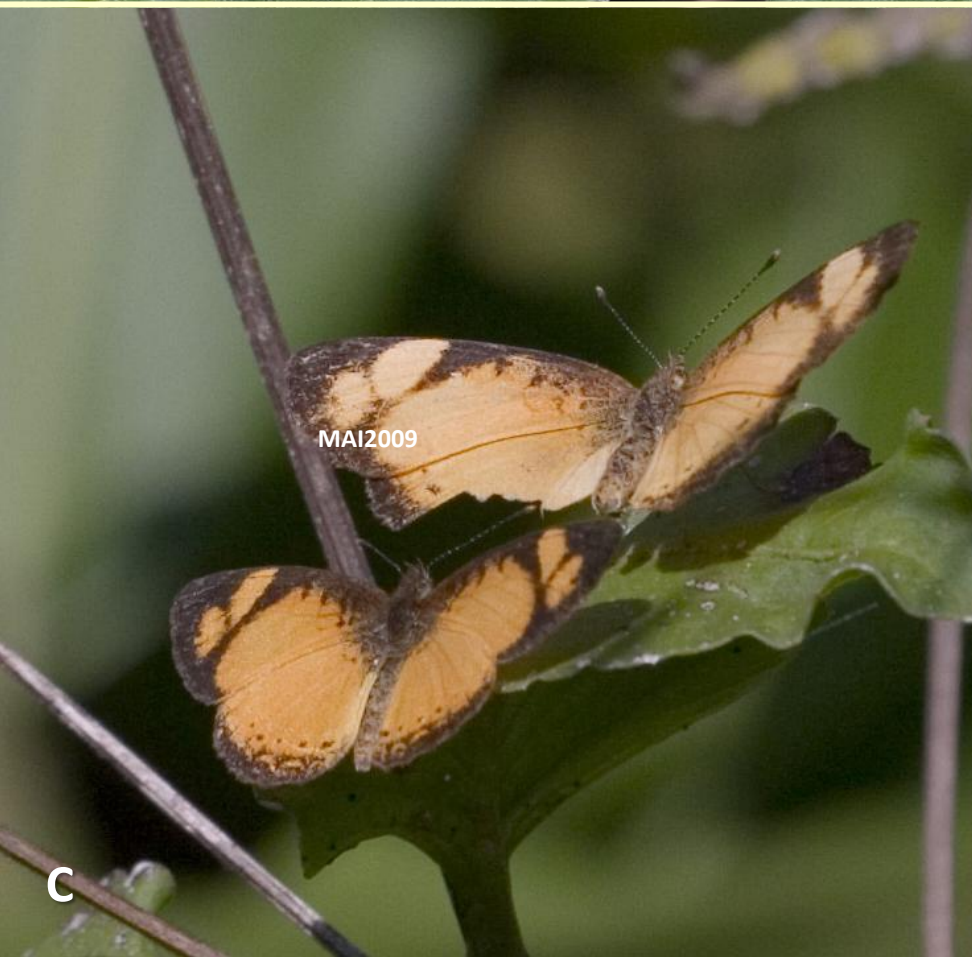



FIGURA 290. Detalhe do comportamento de alinhamento das asas entre casais de *Tegosa claudina*.

MAI2008

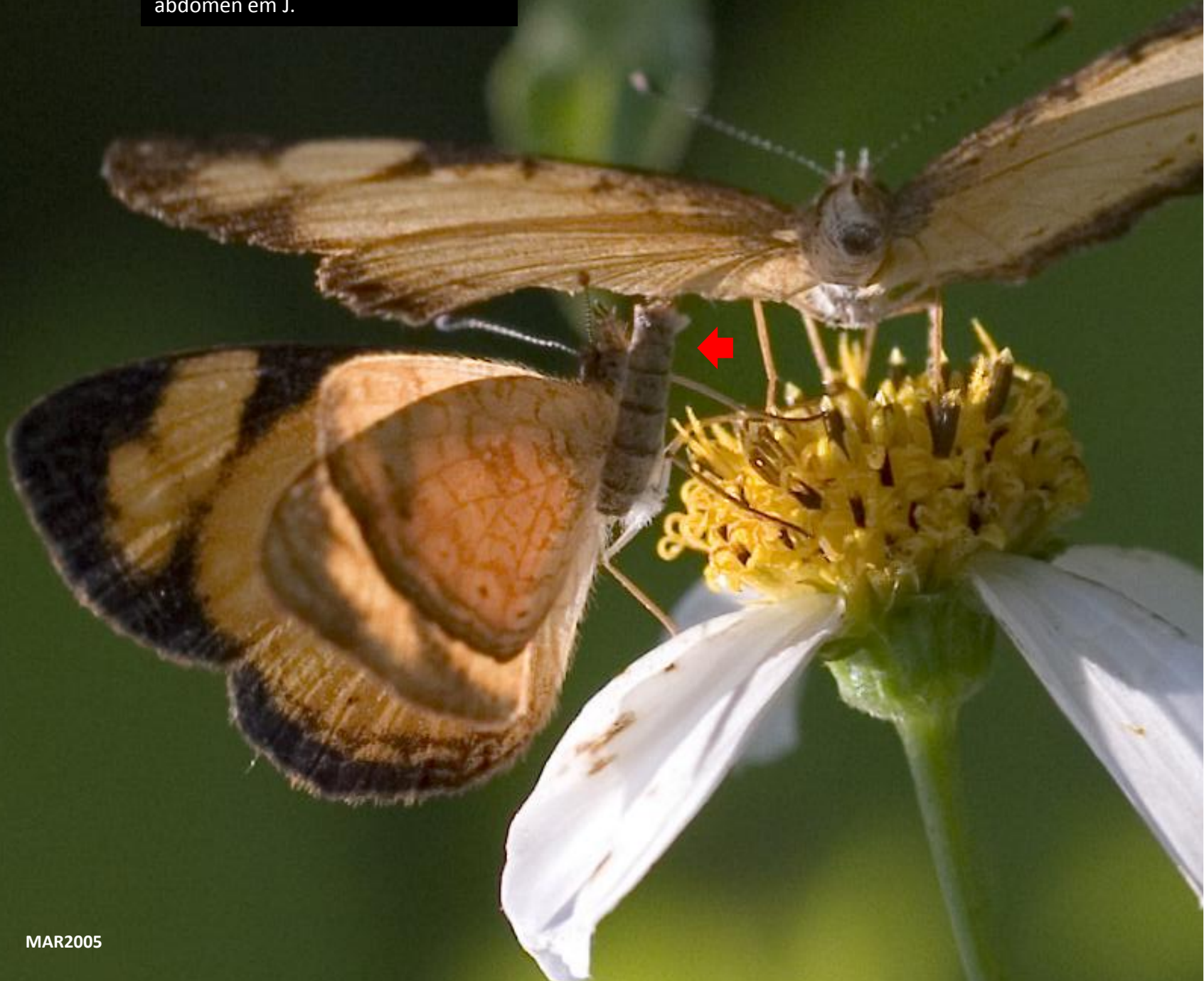
FIGURA 291. Fêmea de *Tegosa claudina* que se alimentava sendo cortejada por três machos.

FIGURA 292. Fêmea de *Tegosa claudina* que pousou na superfície de uma folha e continuou sendo cortejada por três machos. Foto RBF MAI2008

A

FIGURA 293. Tentativas de dois machos de copular com uma fêmea de *Tegosa claudina* dobrando o abdômen em J.

MAR2005

B

MAI2008

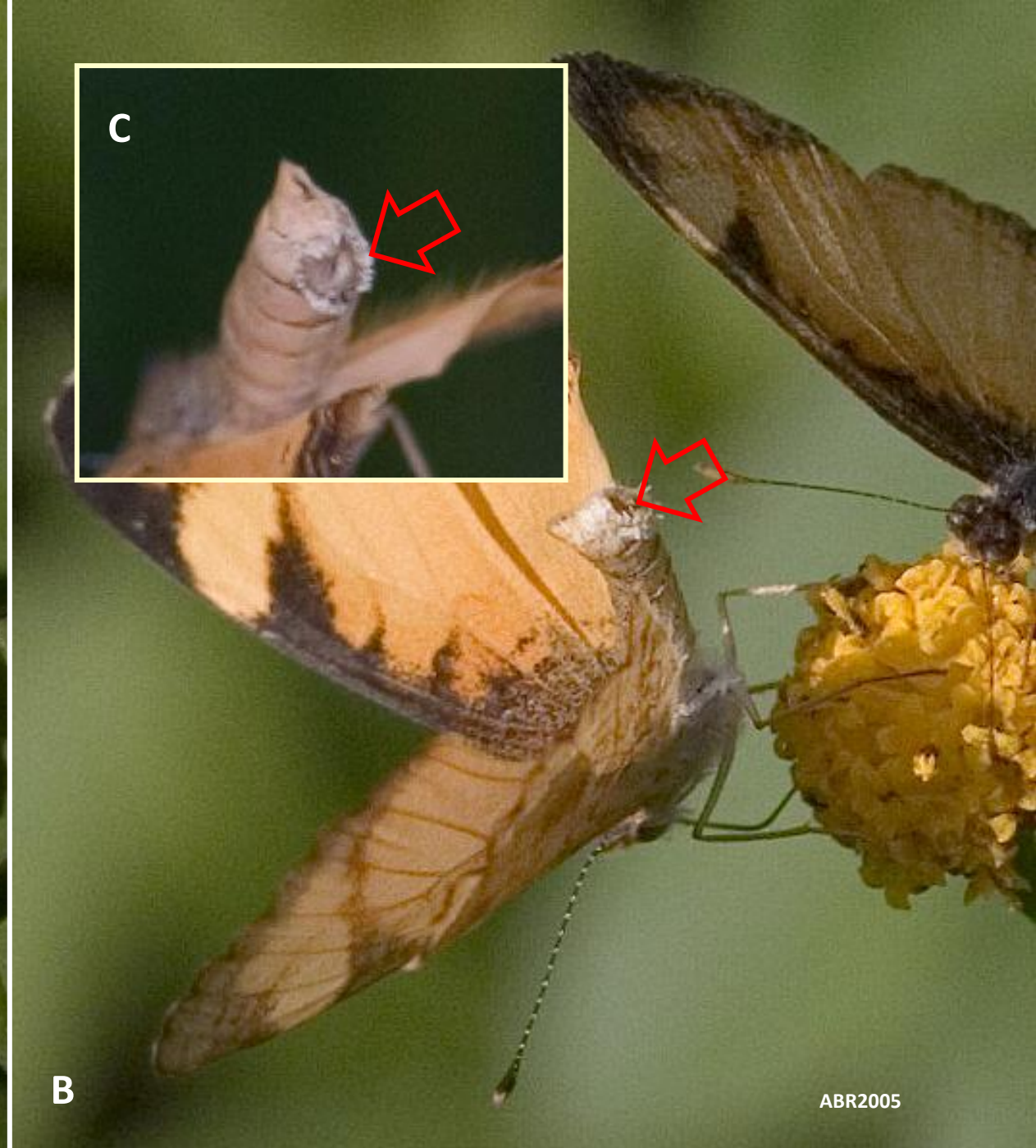



FIGURA 294. **(A)** Machos de *Tegosa claudina* tentando copular com uma fêmea não receptiva. (**B**) Observar o abdômen levantado para evitar a cópula e a obliteração (seta vermelha e em **C**) do orifício de cópula pela presença do espermatóforo.

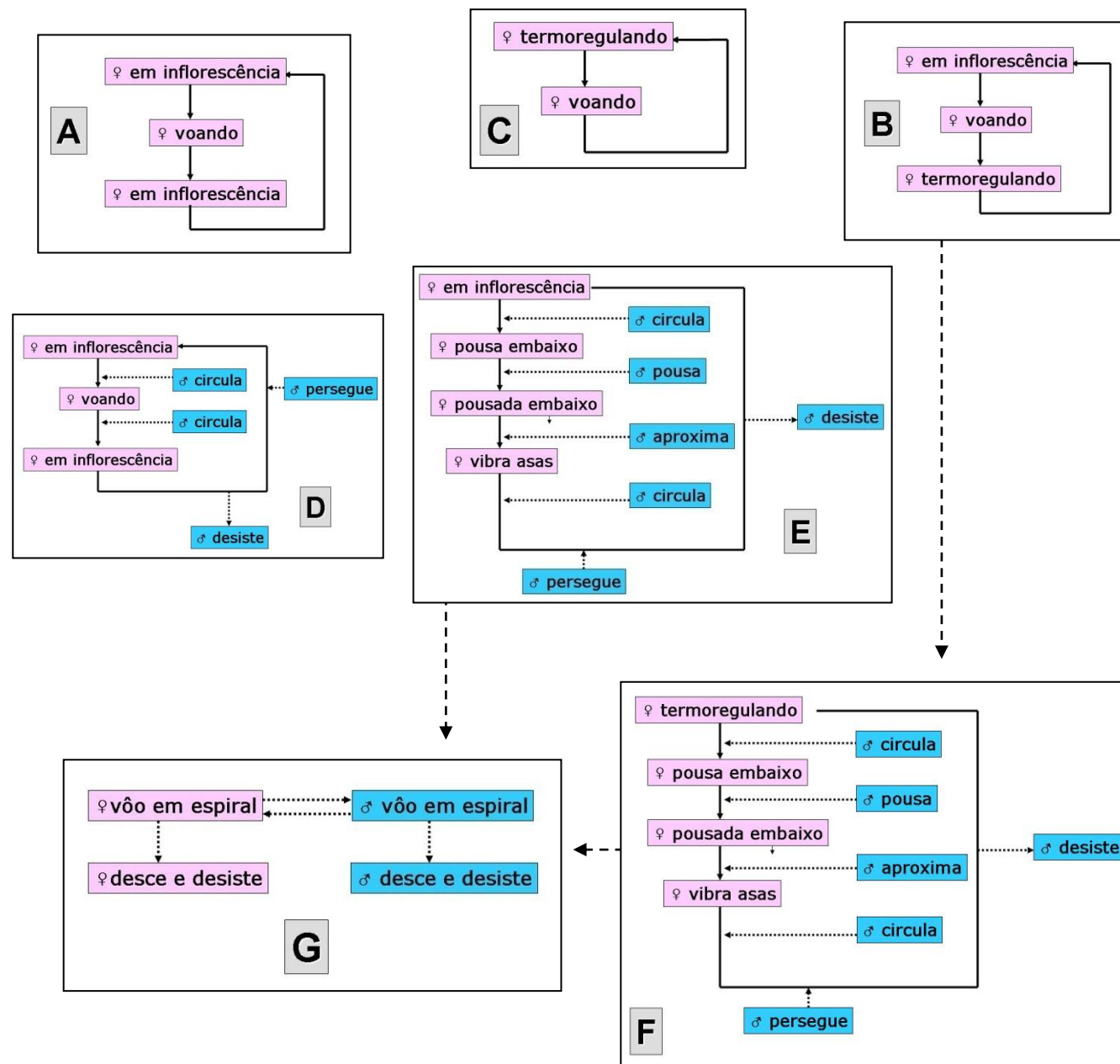
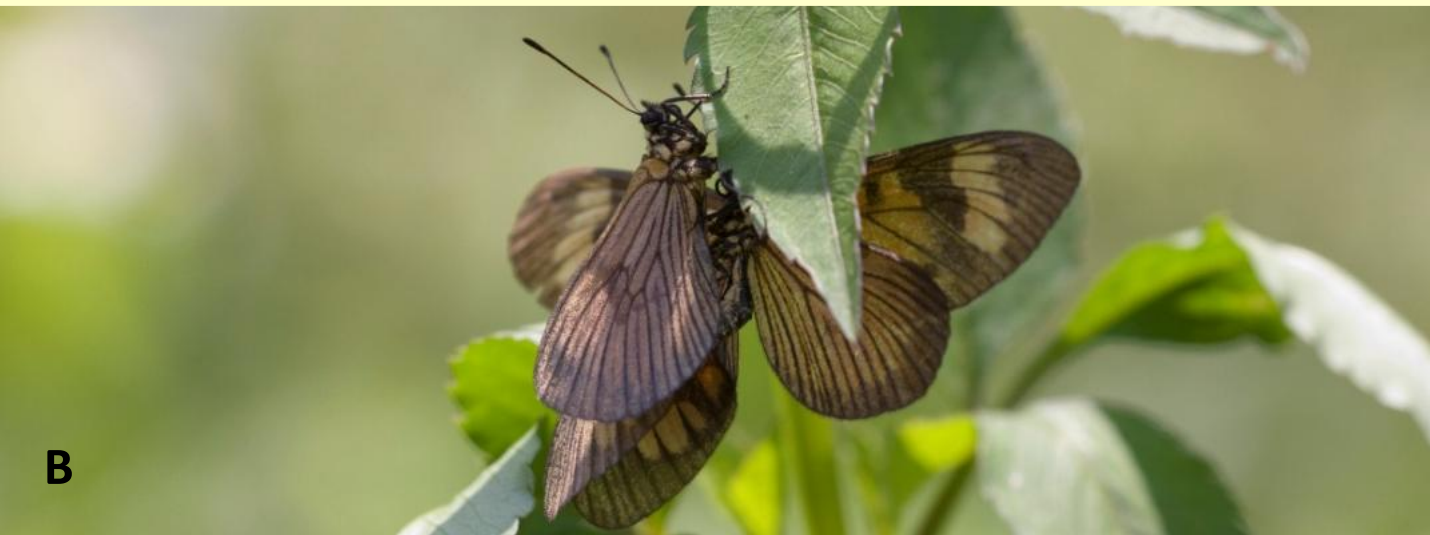
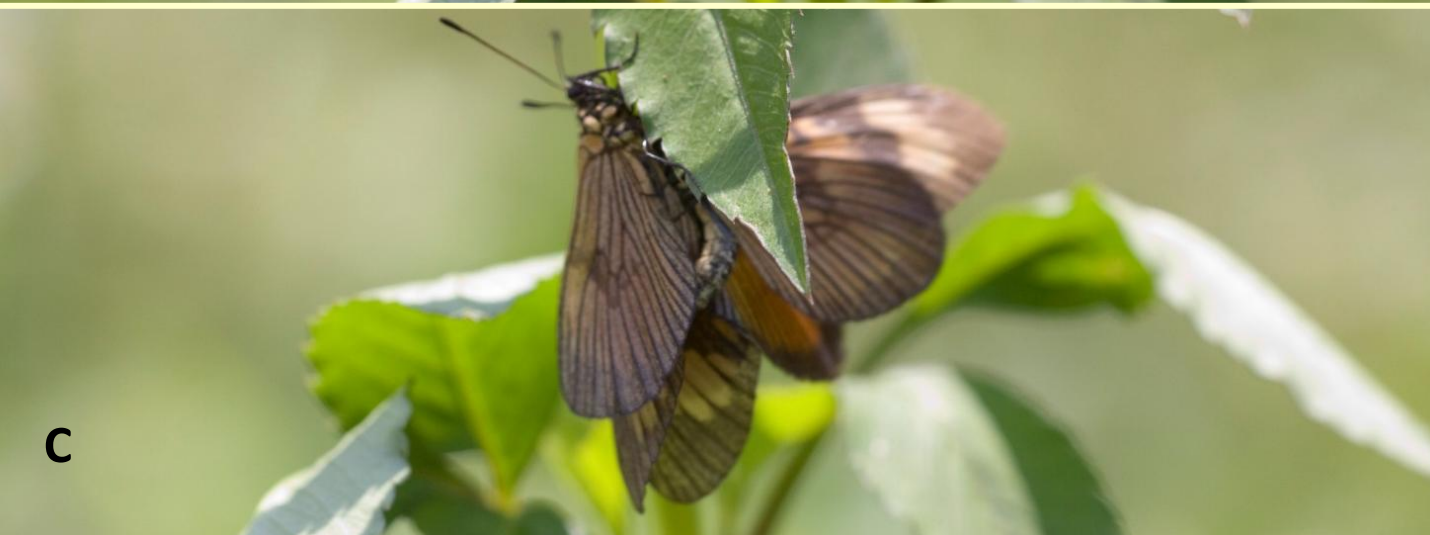



FIGURA 295. Fluxograma dos comportamentos de corte na borboleta *Tegosa claudina*. Cada caixa representa uma sequência repetitiva (“loop”) da fêmea. Em rosa as fêmeas e em azul os machos. (**A-C**) Comportamento isolado da fêmea alimentando-se em flores ou termoregulando. (**D-F**) Comportamento social em resposta aos estímulos do(s) macho(s).

A

B

C

D

FIGURA 296. **(A-C)** Parte de uma sequência comportamental de uma tentativa de cópula que durou 30 segundos observada em 5 de março de 2009 entre um macho e uma fêmea de *Actinote pellenea pellenea* e outro casal (**D**) já em cópula observado em 9 de abril de 2009.

ABR2009

FIGURA 297. (A-E) Sequência de namoro *de Heliconius ethila narcaea*. A fêmea estava alimentando-se em inflorescências de *Austroeupatorium inulaefolium*.

A

B

C

D

E

SET2005

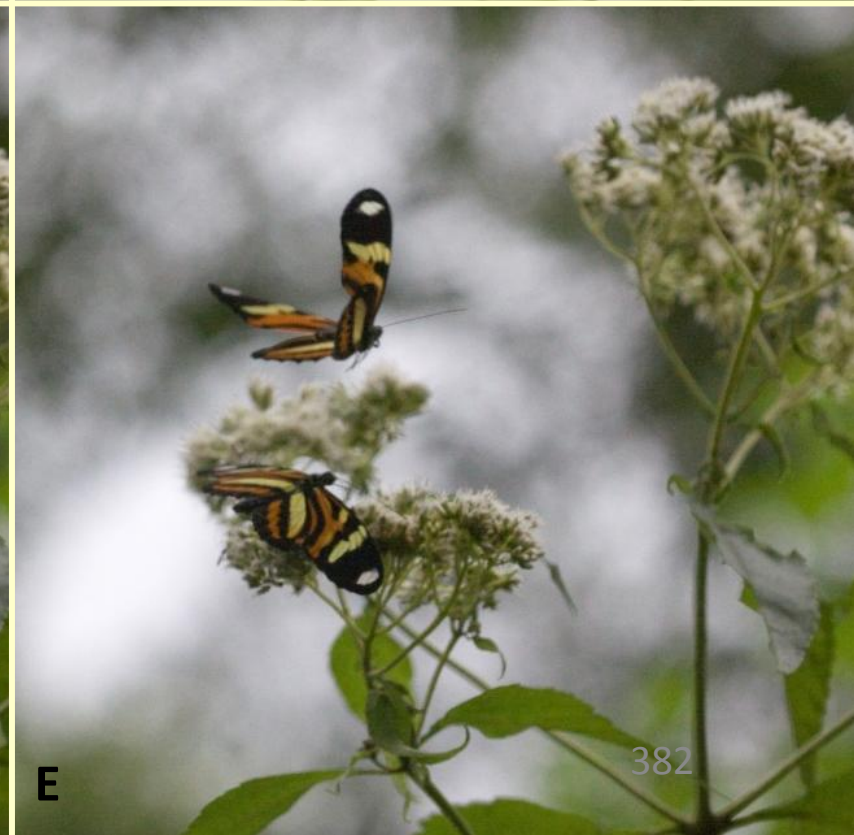



FIGURA 298. Parte do ritual de acasalamento de *Heraclides hectorides*. A fêmea estava alimentando-se em flores de *Asclepias curassavica.* Foto Flávia Ribeiro de Souza.

FIGURA 299. Parte do ritual de acasalamento de *Ascia monuste orseis* (**A**) e de *Danaus erippus* (**B**).

24JUN2009

FIGURA 300. Casal de do riodinídeo *Syrmatia nyx* em cópula parcendo uma aranha na teia.

Nas bordas da estrada uma outra espécie muito comum é a do ninfalídeo *Anartia amathea roeselia* que também tem ritual de corte muito parecido (**FIG. 301-307**).

Mas apesar de ser abundante e o número de tentativas de acasalamento pelos machos ser alto, o número de eventos que levaram à cópula é muito pequeno. Isto significa que nesse ponto do ritual de acasalamento o casal procura locais mais protegidos.

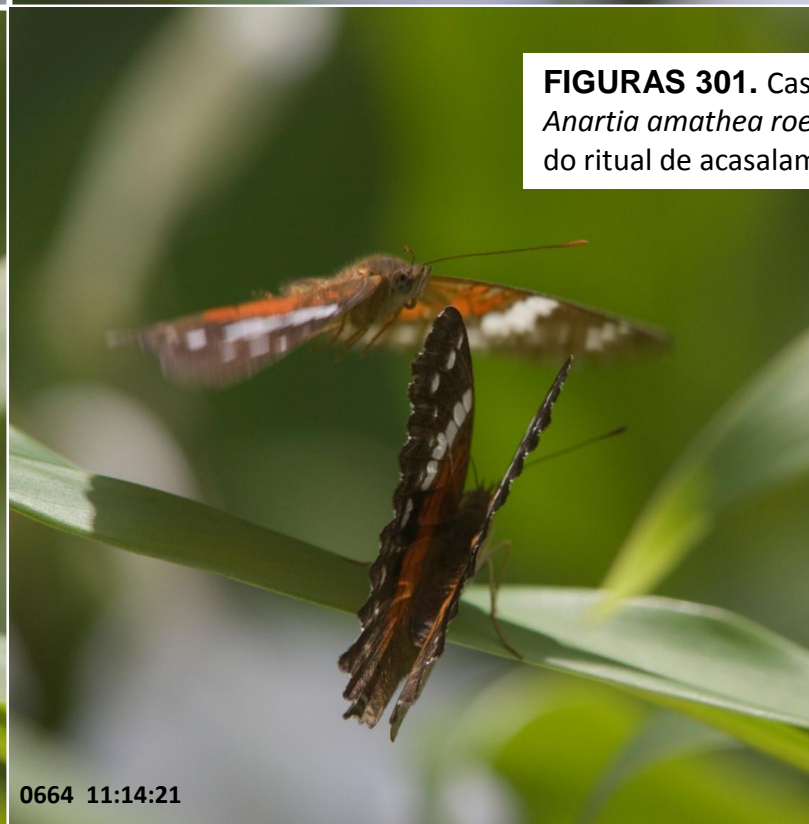
0638 11:12:46

0640 11:12:51

0648 11:13:27

0650 11:13:31

0655 11:14:05

0661 11:14:20

0664 11:14:21

FIGURAS 301. Casal de do ninfalídeo *Anartia amathea roeselia* em diferentes fases do ritual de acasalamento.

0621 14:35:35

0624 14:35:39

0625 14:35:40

0627 14:35:40

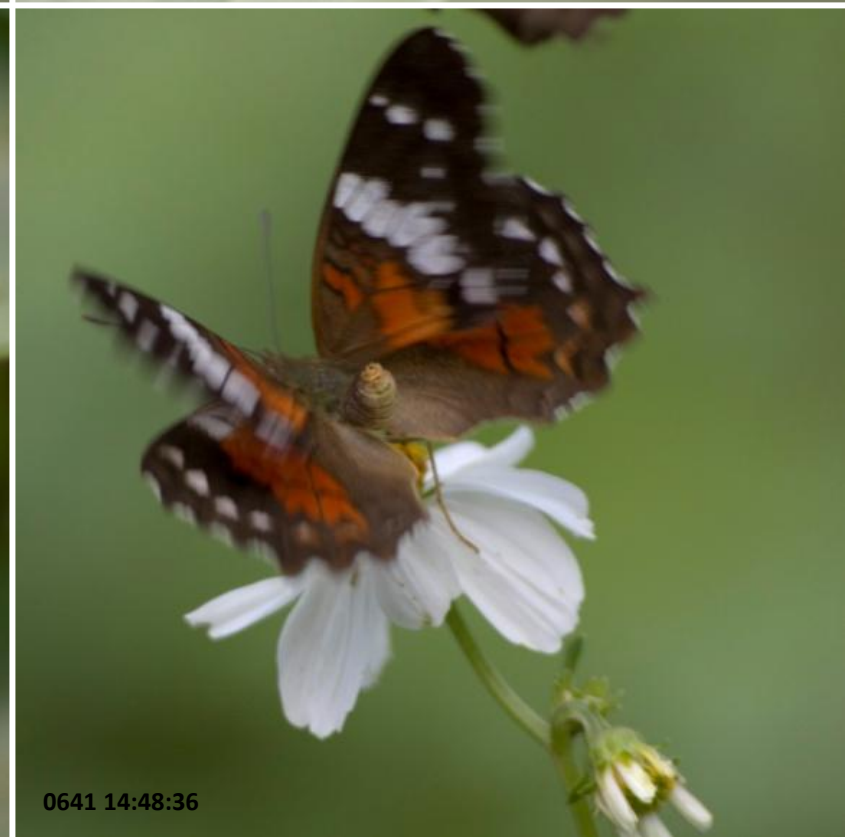
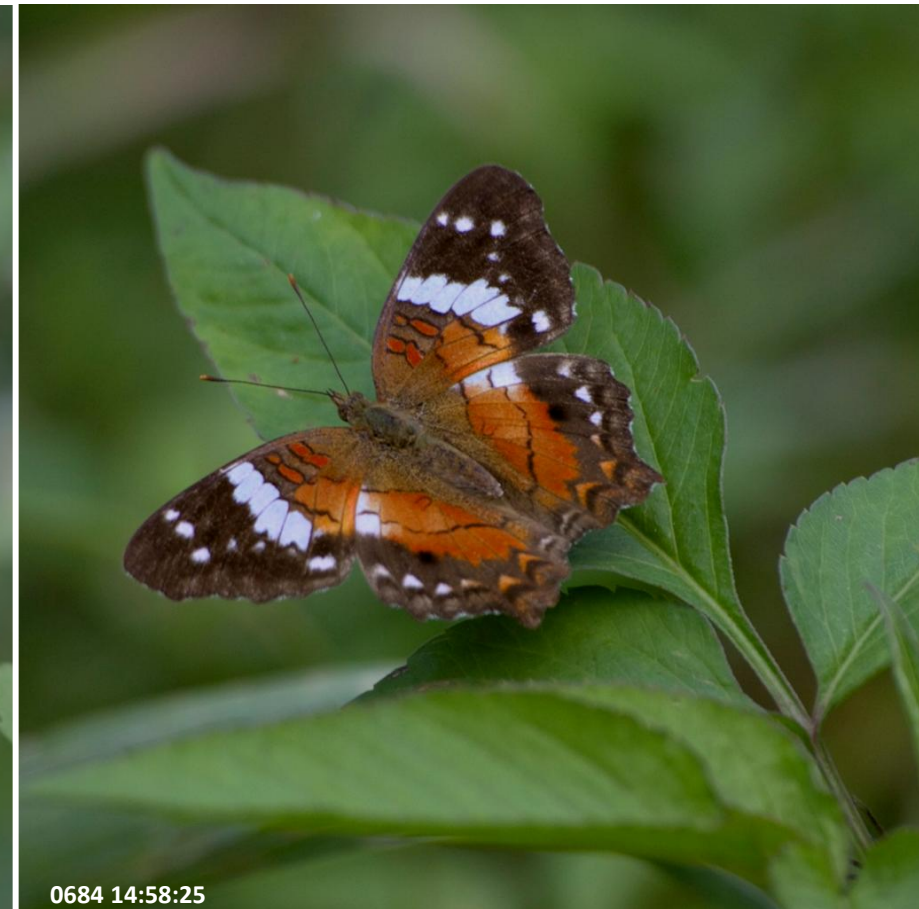
0627 14:35:42

0641 14:48:36

FIGURAS 302. Outra sequência de um casal de do ninfalídeo *Anartia amathea roeselia* em diferentes fases do ritual de acasalamento.

0651 14:49:38

0673 14:54:40

0684 14:58:25

FIGURAS 303. Continuação da sequência da FIGURA 302. Outra sequência de um casal de do ninfalídeo *Anartia amathea roeselia* em diferentes fases do ritual de acasalamento.

MAR2010

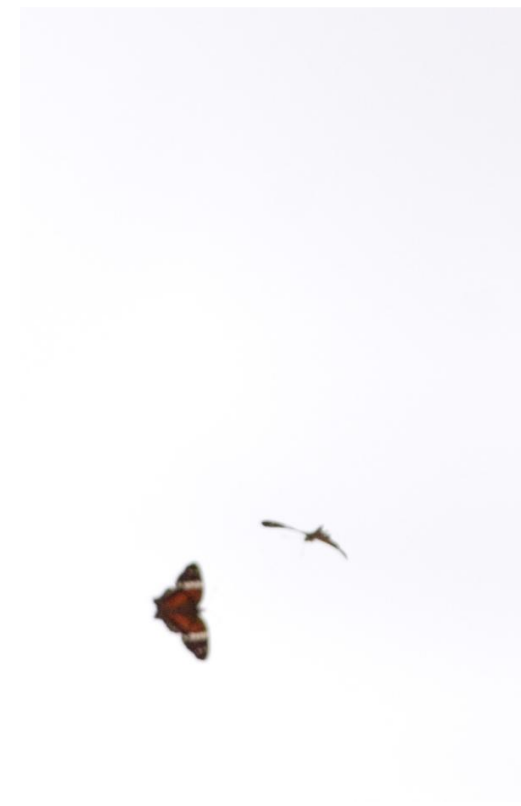
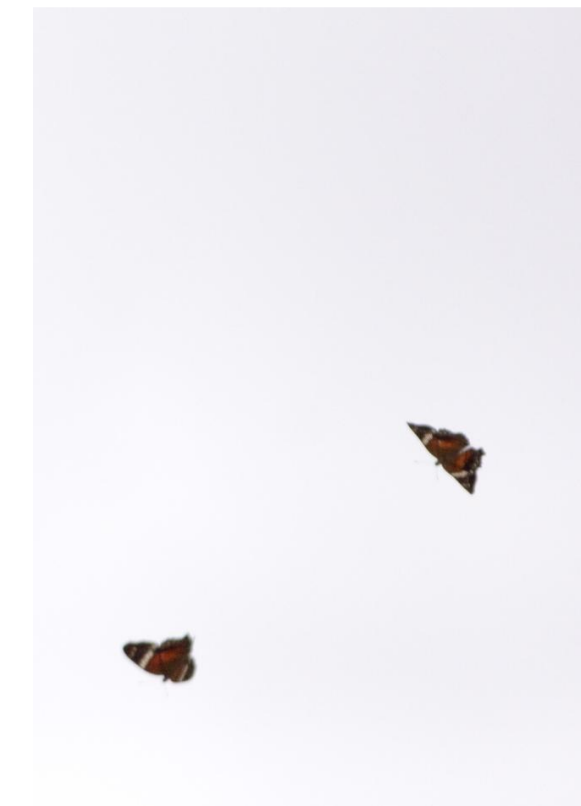
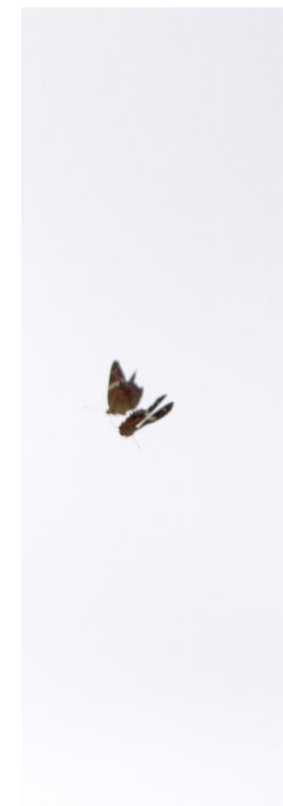
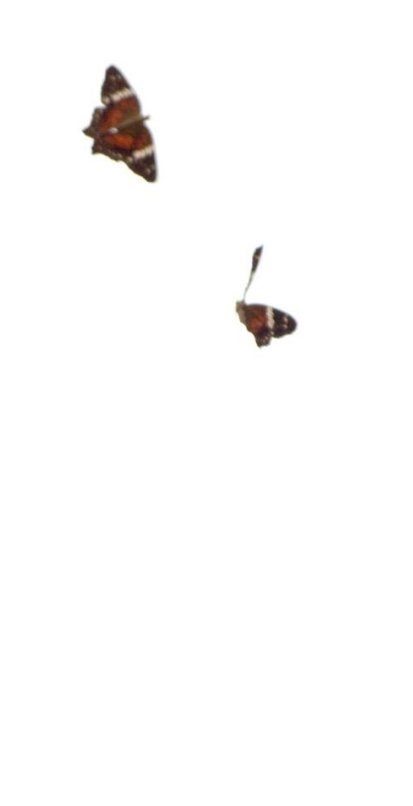



FIGURA 304. Sequência de vôo espiral de rejeição ao macho pela fêmea de *Anartia amathea roeselia*.

FIGURAS 305. Casal de do ninfalídeo *Anartia amathea roeselia* em cópula.

8637 10:01:45

8641 10:03:30

FIGURAS 306. Continuação da figura 305. Casal de do ninfalídeo *Anartia amathea roeselia* em cópula.

8653 10:12:29

FIGURA 307. Os adultos *Anartia amathea roeselia* cessam suas atividades de corte quando o sol fica encoberto. Imediatamente eles pousam na vegetação em posturas de aquecimento .

13:59:00

Capítulo 8

Oviposição e interação com plantas

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

FITÓFAGOS E PLANTAS

Depois de fecundadas, as fêmeas das borboletas precisam procurar as plantas de alimento adequadas para as larvas que são relativamente imóveis porque serão oriundas dos ovos que elas irão colocar. Esse processo de escolha irá determinar a distribuição dos ovos sobre os recursos potenciais.

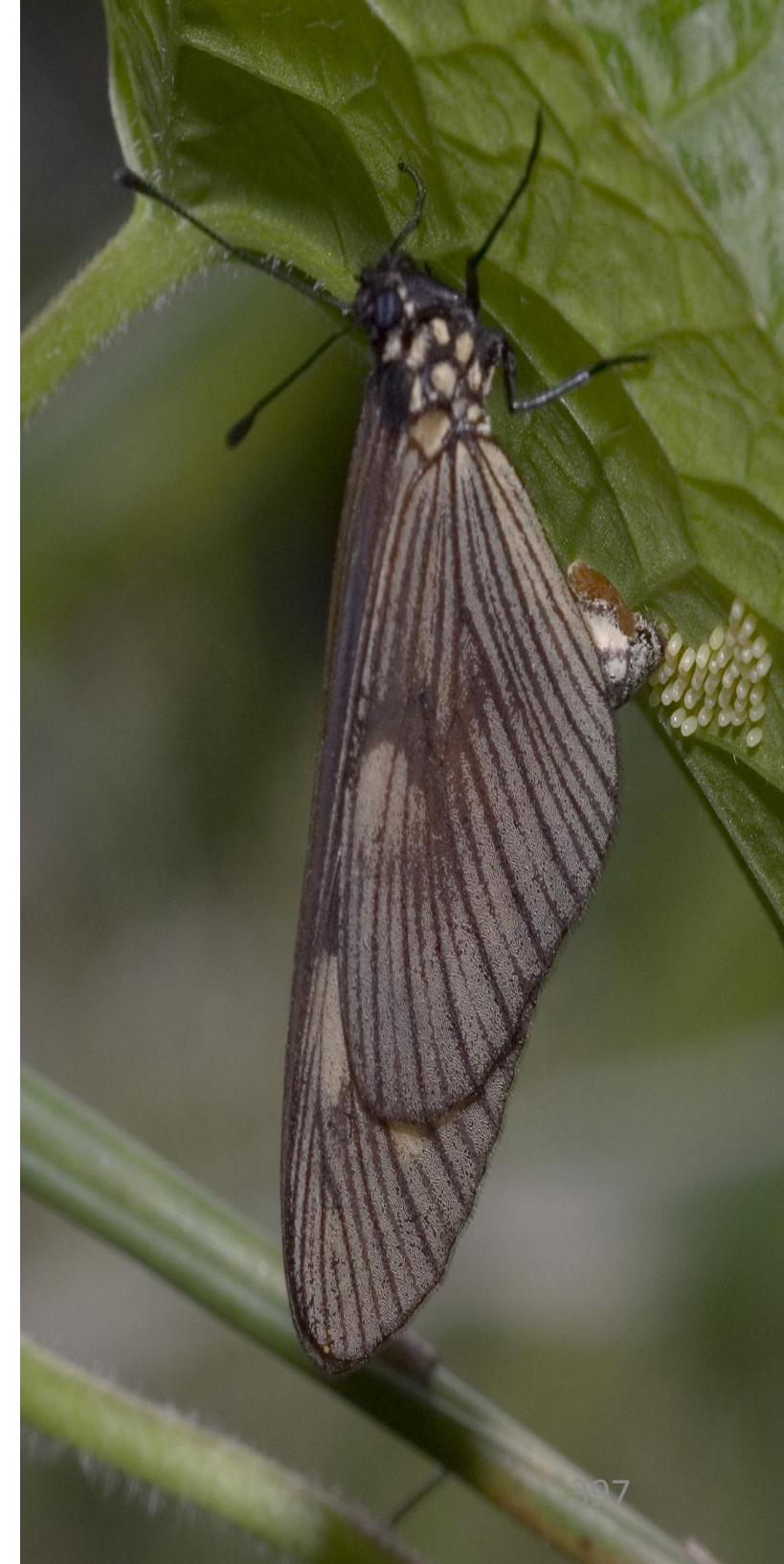
Como uma planta é imóvel, ela tem poucos meios de se proteger contra fitófagos que venham para se alimentar dela. Suas defesas ou são físicas, como por exemplo, a presença de espinhos ou são químicas, como a presença de substâncias tóxicas.

A distribuição dos ovos em relação ao tamanho, número e arranjo espacial das plantas de alimento larval é um fator de importância nos estudos de ecologia populacional. As plantas hospedeiras têm um papel importante na dinâmica populacional de insetos e, por outro lado, a capacidade de movimentação das fêmeas ovipositantes entre as plantas hospedeiras potenciais faz com elas sejam um poderosos agente de seleção natural dessas espécies de plantas.

A agregação dos recursos, em diferentes escalas, parece afetar a performance dos forrageadores. Para muitas espécies de plantas, principalmente as anuais, a presença de larvas de borboletas desfolhadoras pode significar a morte dos indivíduos.

A planta precisa ter uma boa tolerância ao desfolhamento que permita a rebrota e reprodução posteriores aos danos causado pelos fitófagos. Alguns pesquisadores acreditam que as plantas possam ter vantagens fornecidas pela presença de fitófagos, mesmo que estes se alimentem de suas folhas porque embora os mutualismos entre insetos e plantas já sejam bem descritos ainda não há uma clara visão do papel da importância ecológica e evolutiva dessas relações.

As mudanças qualitativas e quantitativas na disponibilidade das plantas de alimento larval, a predação e a auto-regulação são os principais fatores que pode causar flutuações cíclicas nos números de herbívoros. Por outro lado, as mudanças sazonais na arquitetura das comunidades naturais de plantas influencia na diversidade de insetos fitófagos.

Assim, para que os insetos herbívoros explorem muitas espécies de plantas ou suas diferentes estruturas, eles frequentemente adotam diferentes estratégias de alimentação em cada fase do seu ciclo de vida.

ESCOLHA DA PLANTA PELA FÊMEA

Os problemas enfrentados pelas fêmeas de borboleta que procuram plantas hospedeiras para seus ovos são os mesmos encontrados por outros animais que forrageiam que é o de encontrar seu recurso muitas vezes disperso ao acaso no ambiente.

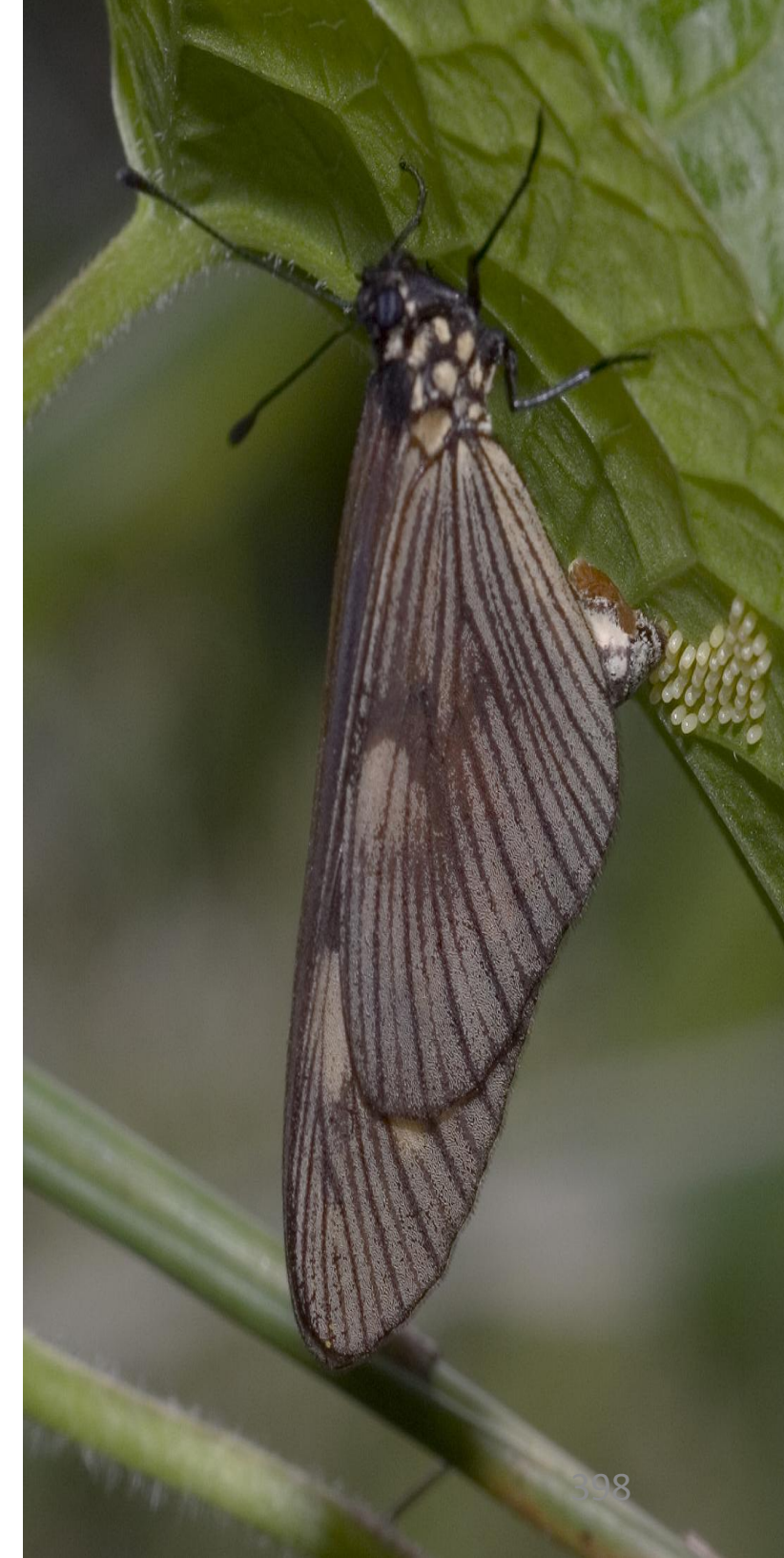
Processo de oviposição é o comportamento adotado pela fêmea que vai de após a cópula até a colocação do último ovo, como, por exemplo, nas fêmeas de *Actinote pellenea pellenea* (**FIG. 308**).

Esse processo pode ser divido em: (1) uma fase de descanso pós-cópula; (2) uma fase de procura dos locais de oviposição; (3) uma fase de procura da planta hospedeira; (4) uma fase de escolha da folha na planta hospedeira; (5) uma fase de pré-oviposição; (6) uma fase de oviposição e, finalmente, (7) uma fase de recuperação pós-oviposição.

Muitas espécies de borboletas possuem receptores visuais com pigmentos vermelhos que lhes dão a capacidade de distinguir tons particulares de verde (**FIG. 309**). Esses pigmentos têm um picos de absorção em comprimentos de onda que fazem com que um tom de verde particular seja identificado pela fêmea quando ela está à uma distância relativamente próxima da planta ideal.

As fêmeas de algumas espécies de borboletas também têm a capacidade de aprender a distinguir cores ou substâncias químicas importantes para a sua sobrevivência e de sua prole.

Mas algumas que foram treinadas para reconhecerem suas plantas fontes de néctar e de alimento larval aprenderam a reconhecer as flores mas não as plantas de alimento larval.

Em alguns grupos de borboletas existe uma correlação entre a presença de certos compostos químicos na planta e sua procura pelas fêmeas. Muitas vezes, o fator químico é o determinante na aceitação pelas fêmeas em ovipositar em uma folha e é a mecano-recepção que faz com que isso possa acontecer.

As fêmeas possuem estruturas especiais capazes de reconhecer rapidamente compostos químicos presentes na superfície da folha. Assim, quando pousa, às vez rapidamente em uma folha, a fêmea usa suas pernas dianteiras para fazer a detecção.

Por isso, o comportamento de fêmeas ovipositantes é fácil de ser reconhecido porque eles fazem um trajeto similar ao da procura de fontes de néctar (**FIG. XXX**) mas buscando plantas para ovipositar e que inclusive podem não ter nenhuma flor naquele momento.

Eventualmente, quando acontecem erros genéticos, a fêmea pode cometer enganar-se e colocar seus ovos em plantas erradas ou na superfície da folha errada (**FIG. 310**). Erros como esse podem comprometer toda a prole mas também podem abrir uma nova dimensão no nicho alimentar da espécie.

CÓPULA

Forrageando em flores

(1) pós-cópula

(2) encontrar o hábitat adequado

(3) encontrar e identificar a planta hospedeira

INTERFERÊNCIA DE UM MACHO

(4) escolher a folha exata para ovipositar

(5) pré-oviposição

VENTO

(6) oviposição

INTERFERÊNCIA DE UMA FÊMEA

(7) recuperação após a oviposição

INTERFERÊNCIA ANTRÓPICA

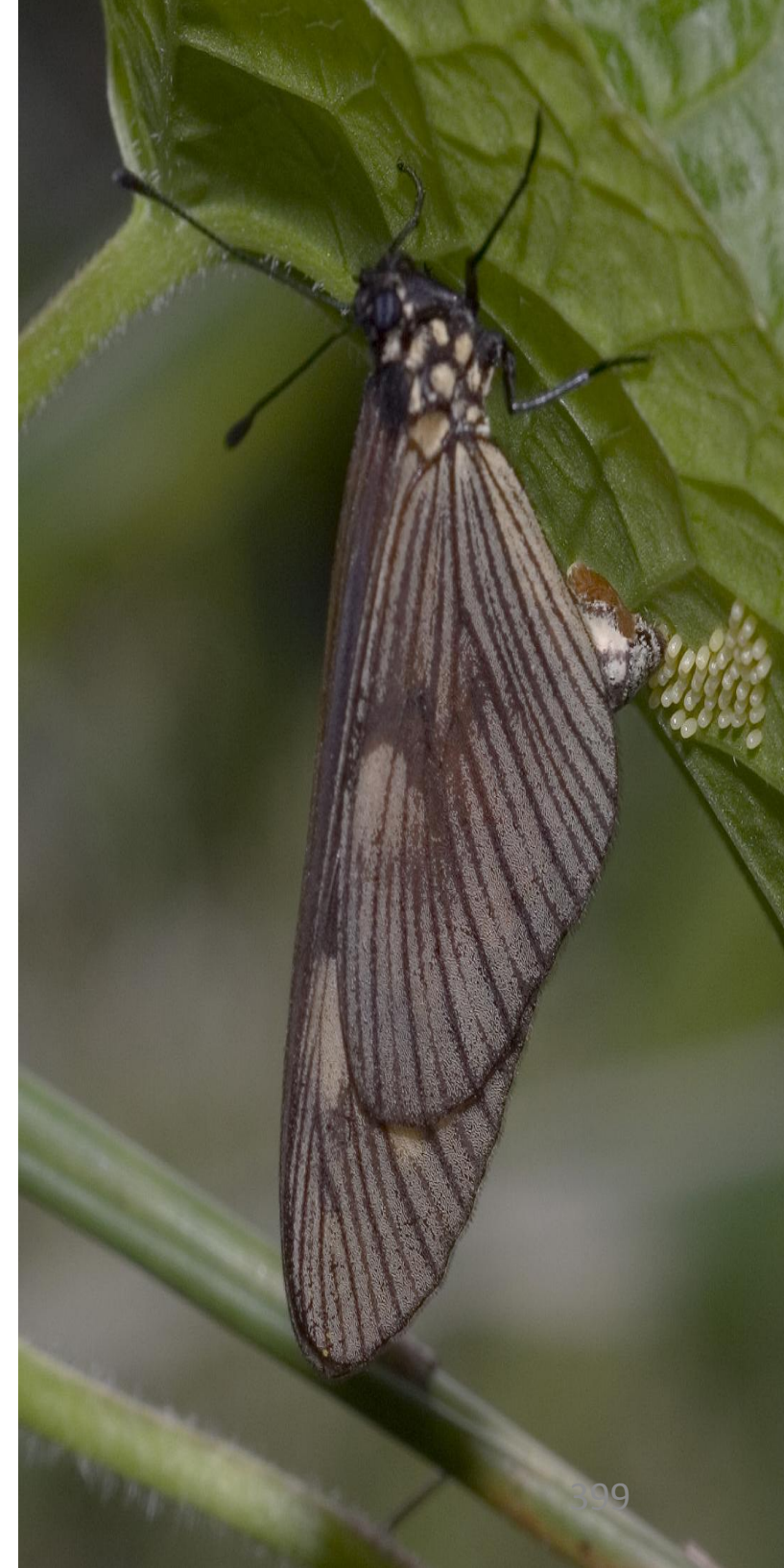
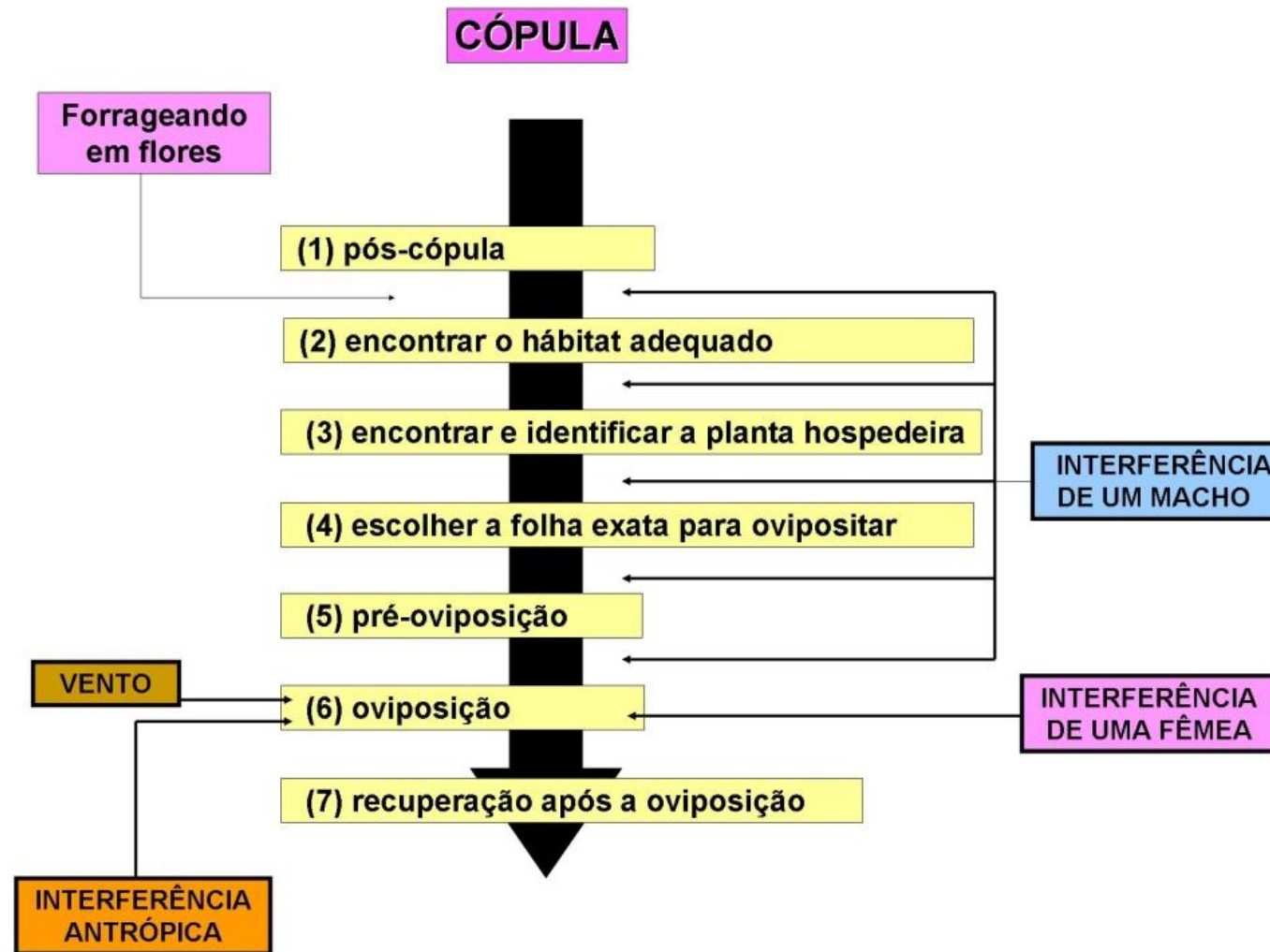



FIGURA 308. Fluxograma das fases do comportamento de oviposição das fêmeas da borboleta ninfalídea *Actinote pellenea pellenea.*

FIGURA 309. Variações dos tons de verde em uma amostra da vegetação de borda. oOs três números abaixo de cada círculo representam os valores RGB médios daquela área da folha que foi amostrada. Na imagem da esquerda fica mais difícil ver as diferenças mas na direita estas ficam um pouco mais fáceis (talvez mais fácil se você fosse uma fêmea de borboleta!).

Experimentos controlados com algumas espécies mostraram que as fêmeas ovipositantes parecem ter a capacidade de reconhecer o estado fisiológico das plantas e assim decidir qual delas seria a melhor para o desenvolvimento de suas larvas. Essas plantas teriam um alto conteúdo de nitrogênio e fósforo, maior taxa de transpiração e uma coloração mais verde.

As fêmeas de muitas espécies de borboletas evitam colocar seus ovos em plantas que já estejam ovipositadas. Com isso, algumas plantas evoluíram nas suas folhas estruturas que se parecem com ovos que evitam que essas espécies ovipositem.

Uma espécie comum na estrada do Vale do Rio Quilombo é o itomíneo *Mechanitis lysimnia lysimnia* cujas fêmeas inspecionam as plantas de alimento larval e são capazes de avaliar se vale ou não a pena colocar seus ovos nelas (**FIG. 311**). Experimentos controlados mostraram que as borboletas evitam ovipositar ou colocam menos ovos nas plantas onde estes já existiam.

Já as fêmeas do acreíneo *Actinote pellenea pellenea* superovipositam (**FIG. 312**) as plantas de alimento larval desfolhando-as totalmente o que causa a morte de muitas larvas. Esses paradoxos têm sido explicados de diferentes maneiras que dependem desde os componentes abióticos do ambiente até os bióticos.

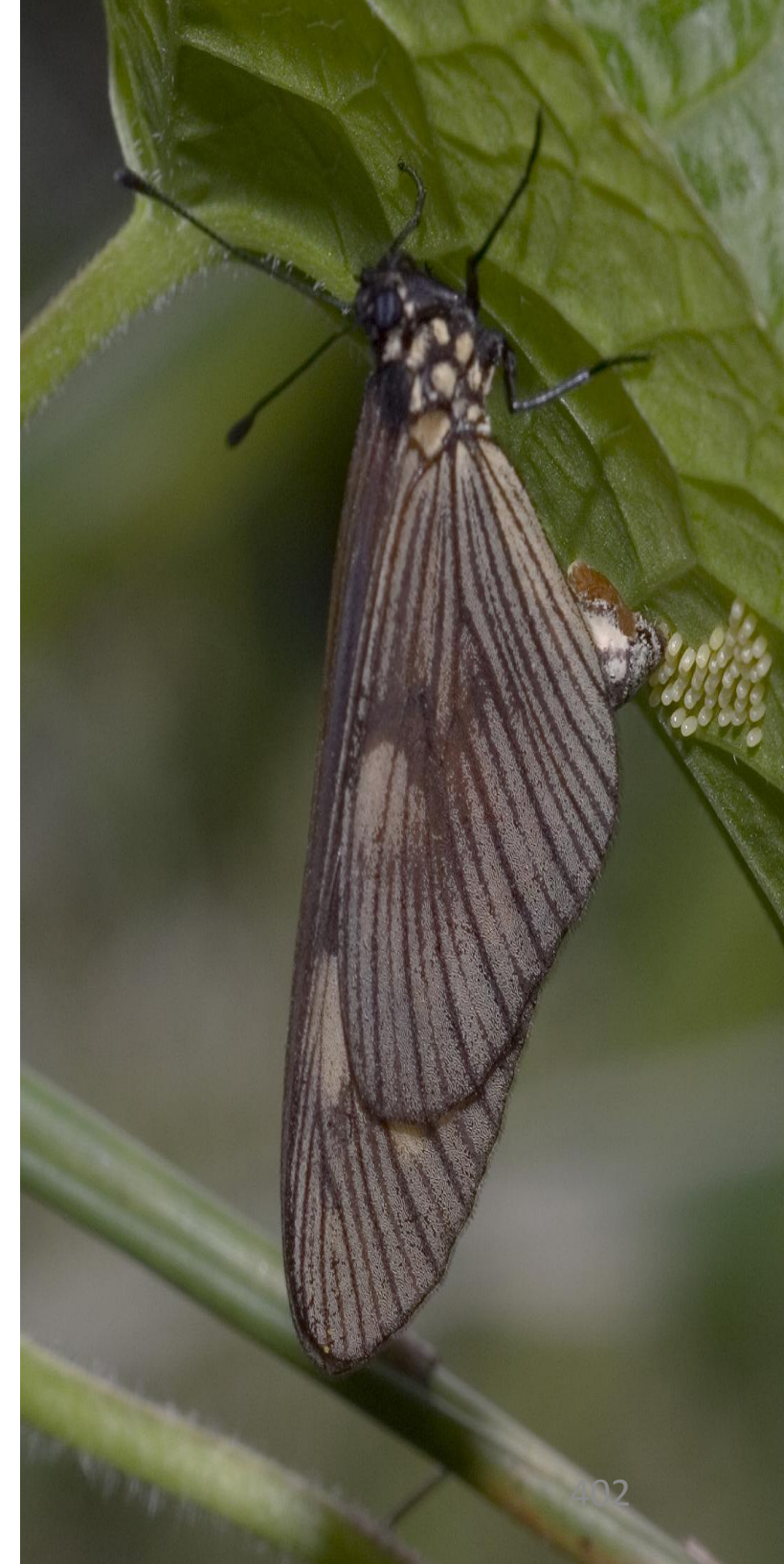



FIGURA 310. Oviposição "errada" de uma fêmea de *A. p. pellenea* feita na superfície superior de uma folha de *Mikania micrantha*. Nesta espécie já foram observadas mais de 1000 oviposições nas plantas hospedeiras e em todas elas eram na face inferior.

FIGURA 311. Fêmea de *Mechanitis lisimnia lisimnia* ovipositando sobre a face superior de folha de *Solanum* sp.

FIGURA 312. Folha de *Austroeuparium inulaefolium* com três oviposições da borboleta *Actinote pellenea pellenea* diferentes.

COMPORTAMENTO DE OVIPOSIÇÃO

Em *Actinote pellenea pellenea*, a fase pós-cópula acontece quando as fêmeas geralmente ficam um período de tempo sob folhas, aparentemente descansando e rechaçam a aproximação de outros indivíduos.

Esta fase pode durar poucos minutos ou algumas horas e parece depender da idade e/ou do estado fisiológico da fêmea. Em alguns casos ela pode também incluir atividades de forrageamento em flores e a reação agonística irá continuar até o final do processo de oviposição.

A fase de procura por locais de oviposição apresenta dois caminhos distintos. Em um deles, aparentemente o mais comum, a fêmea escolhe plantas dentro do mesmo hábitat onde emergiu como adulta. Em outro, ela irá se dispersar, voando a uma altura entre 5m e 20m podendo deslocar-se algumas centenas de metros ou quilômetros em alguns casos. Todas as fêmeas coletadas nesta aparente situação de deslocamento apresentaram-se invariavelmente já fecundadas, com a presença do tampão característico.

Uma vez escolhido o local adequado, a fêmea passa a escolher a planta onde irá depositar seus ovos. Isso geralmente é feito pelo pouso rápido em uma folha que permite um sensoriamento mais adequado de suas condições. Logo que uma planta seja escolhida, a borboleta passa a escolher agora a folha em que irá pousar para colocar seus ovos.

Em 50 atos de oviposição observados e mais de 1000 oviposições observadas ou coletadas já nas folhas, em todos os casos elas sempre estavam na superfície inferior (face abaxial) da folha uma exceção foi uma folha de *Mikania micrantha* coletada no VRQUI em maio de 2008 (**FIG. 310**).

No Vale do Rio Quilombo, em 25 de abril de 2006, uma fêmea *A. p. pellenea* foi acompanhada no seu comportamento de oviposição. O hábitat de borda tinha plantas floridas de *Mikania micrantha* (**FIG. 314**).

Na fase de pré-oviposição, a fêmea pousou sob a folha escolhida, andou um pouco sobre sua superfície inferior encostando o abdome na superfície da folha várias vezes (**Figura 315 A**) podendo abrir e fechar as asas de vez em quando

Depois ela ficou imóvel durante um período de tempo variável que pode chegar a alguns minutos (**FIG. 315 B**) .

O processo de oviposição se inicia quando a fêmea tateou a superfície da folha com o abdome e colocou o primeiro ovo (**FIG. 315 C**) seguido pelo segundo (**FIG. 315 D**).

Ela se manteve com as pernas fixas e cada ovo foi sendo depositado ao longo de um arco. A colocação de cada ovo não foi feita em sequência pois a fêmea colocava um ovo em um ponto e depois em outro mais longe com o corpo fazendo um movimento em torno do eixo formado pelas pernas. Quando uma fila estava completa, uma nova foi iniciada um pouco mais no sentido fêmea. No final os ovos ficam dispostos em filas relativamente simétricas (**FIG. 316**).

Dependendo do tamanho da folha a fêmea tem maior ou menor mobilidade. Uma fêmea que inicie o processo de oviposição geralmente fica absorta nele e praticamente não liga para o que está acontecendo em torno.

Mas, por serem organismos de borda, há fatores do ambiente físico como vento forte, a passagem de um veículo em velocidade alta ou movimentos muito bruscos na planta que podem alterar a simetria da oviposição e mesmo a quantidade de ovos colocados pela fêmea, que em ocasiões extremas pode se evadir.

A fêmea observada em 25 de abril de 2006 levou em torno de 8 segundos para colocar cada ovo, exceto nos minutos iniciais quando esse tempo foi mais longo (**FIG. 317**).

As outras fêmeas observadas, quer seja em *A. inulaefolium*, quer seja em *Mikanias*, tiveram comportamentos não muito diferentes (**FIG. 318 A-D**).

Essas observações foram complementadas pela observação de fêmeas que ovipositaram em laboratório (**FIG. 319**). As fêmeas fecundadas eram coletadas no campo e ovipositaram em laboratório quando colocadas em um frasco de vidro de 500ml com folhas da planta hospedeira. Para isso, o conjunto era iluminado sob uma lâmpada de 100 W colocada a 1 m do mesmo. Nessa condição de estresse, a fêmea iniciava o processo de oviposição.

Mas outras espécies têm comportamentos de oviposição diferentes. É o caso, por exemplo do ninfalídeo *Danaus erippus* que coloca seus ovos em plantas de *Asclepias curassavica* (**FIG. 320-322**).

A fêmea coloca um ou poucos ovos em uma planta e parte para procurar e ovipositar em outras. Assim, ela passa muito pouco tempo pousada colocando seus ovos. Os ovos podem ser colocados em folhas maduras (**FIG. 323 A-B**) mas geralmente são colocados nas folhas meristemáticas ou nos botões florais (**FIG. 323 C-E**).

As fêmeas do ninfalídeo *Anartia amathea roeselia* também colocam seus ovos isolados em diferentes plantas e até em substratos como troncos ou pedras. Embora seja uma espécie comum ao longo da estrada observar oviposições é bastante difícil. Elas alternam a oviposição com períodos de descanso e termoregulação ou alimentação (**FIG. 324 A-J**) sendo às vezes incomodadas por machos.

De maneira parecida é o processo de oviposição do grande papilionídeo *Heraclides thoas brasiliensis* (**FIG. 325 A-E**) que coloca seus ovos isolados.

A

B

C

D

E

FIGURA 314. Hábitat de borda com plantas de *Mikania micrantha*. Neste local foi filmado o comportamento de oviposição de uma fêmea de *A. p. pellenea* no Vale do Rio Quilombo em 25 de abril de 2006.

FIGURA 315. Etapas do comportamento de oviposição da fêmea de *A. p. pellenea.* observada no Vale do Rio Quilombo em 25 de abril de 2006.
(**A**) Na fase de pré-oviposição; (**B**) Na fase de imbobilidade antes da colocação do primeiro ovo; (**C**) Colocação do primeiro ovo às 10:50 h; (**D**) colocação do segundo ovo 13 segundos depois; (**E**) colocação do último ovo a pouco mais de 15 minutos do início.

FIGURA 316. Oviposição mais simétrica de *Actinote pellenea pellenea*. Foto Carlo Leopoldo B. Francini, fevereiro de 2006.

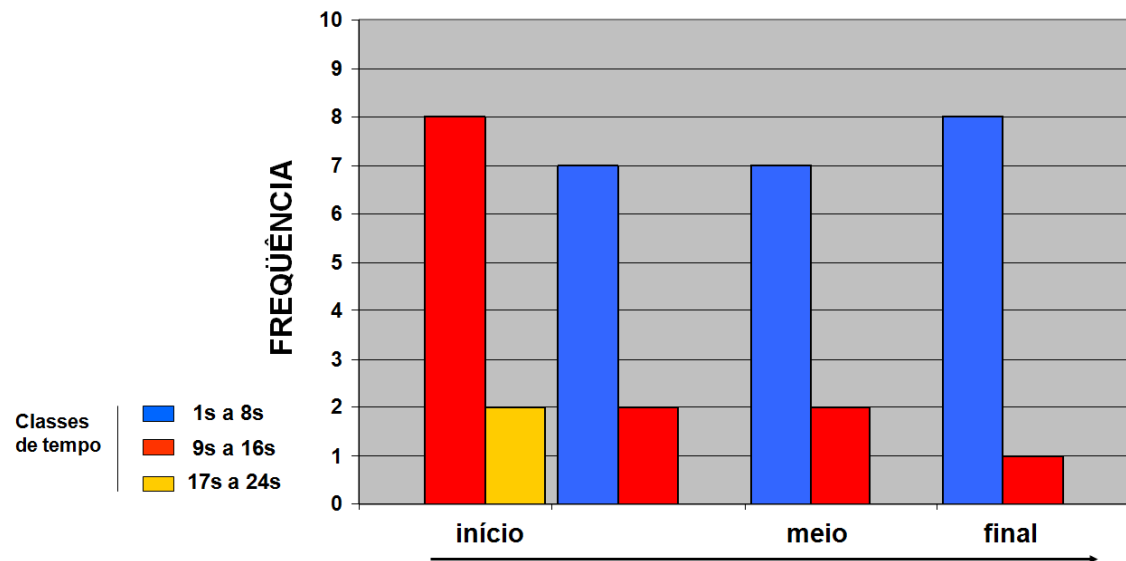



FIGURA 317. Tempo (s) de colocação de cada ovo pela fêmea de *A. p. pellenea.* observada no Vale do Rio Quilombo em 25 de abril de 2006. Dados de pelo menos 9 observações em cada fase da oviposição. Colocação do primeiro ovo às 1050h; colocação do segundo ovo 13s depois; colocação do último ovo a pouco mais de 15 min do início.

FIGURA 318. Seis fêmeas de *Actinote pellenea pellenea.* observadas ovipositando sob folhas de *Austroeuparium inulaefolium*. Continua na próxima página. (A-H) Em *Austroeupatorium inulaefolium* e (I) em *Mikania micrantha*.

E

FEV2009

F

FEV2009

G

FEV2009

H

FEV2009

I

ABR2009

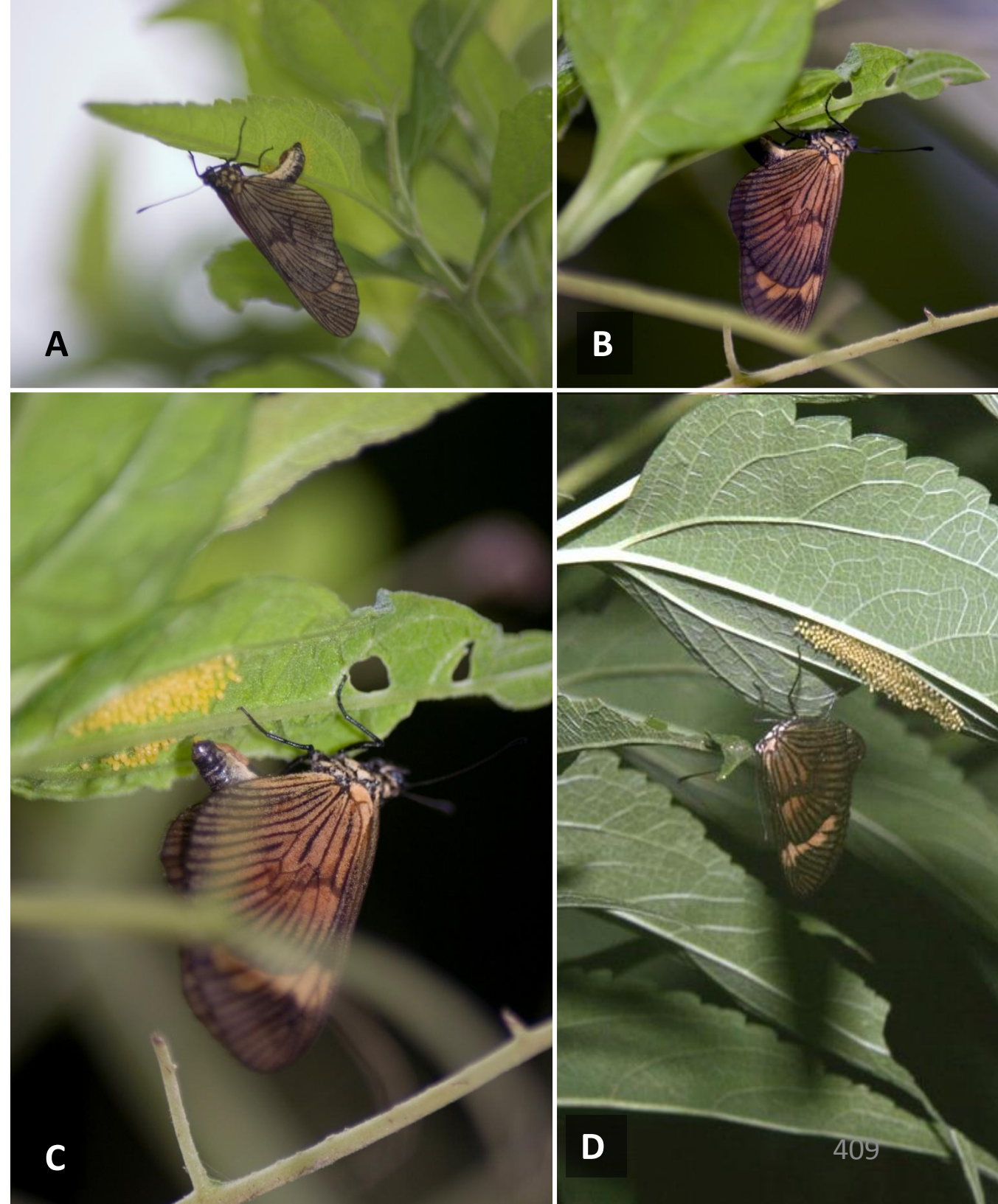
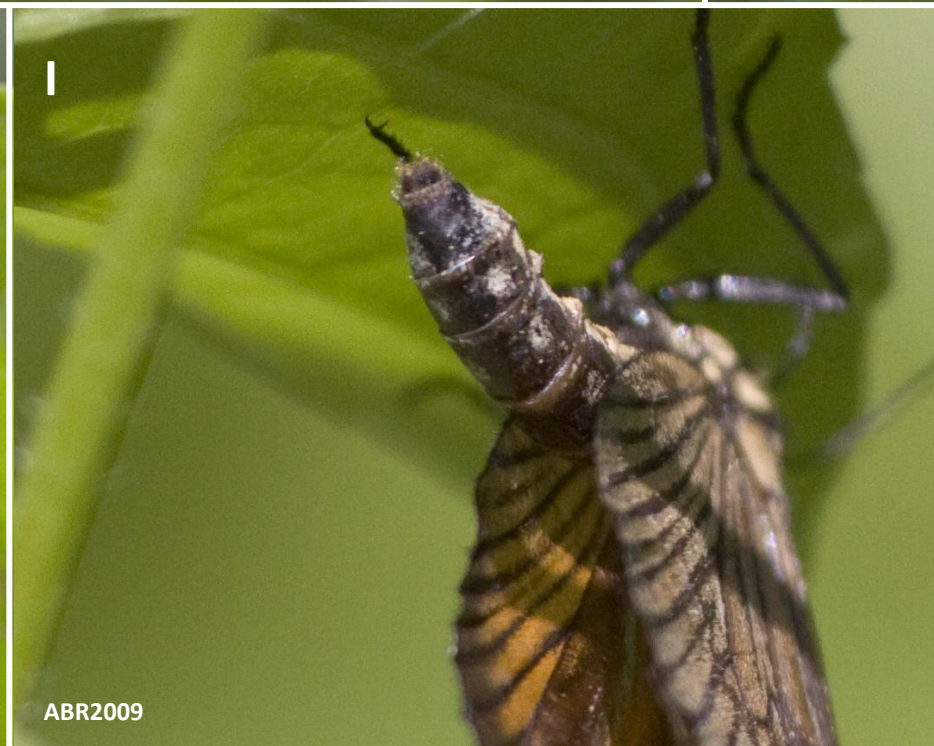
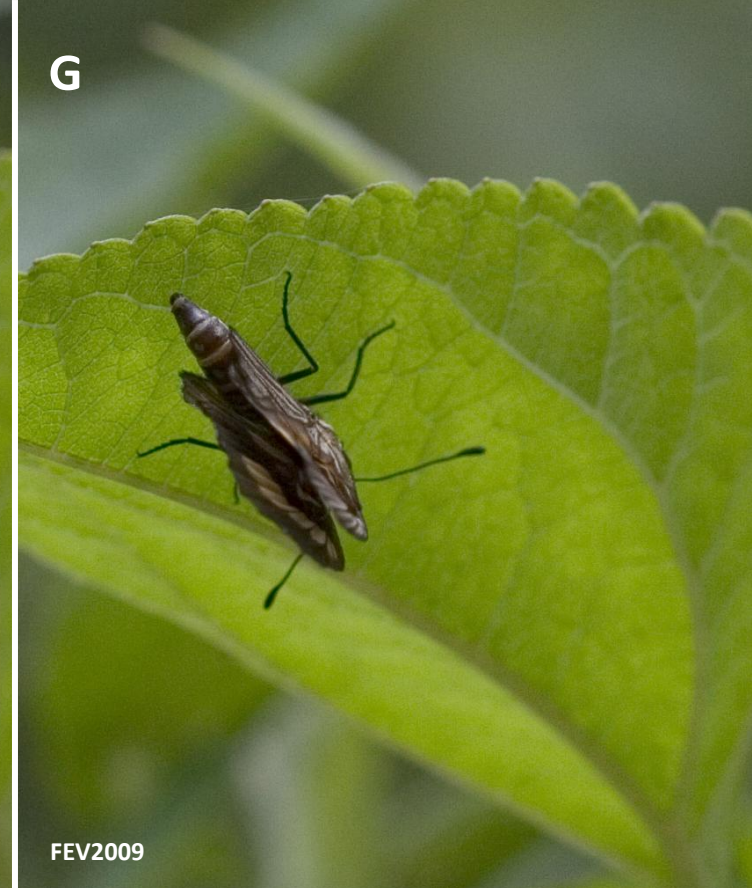



FIGURA 318.
Continuação da página anterior.

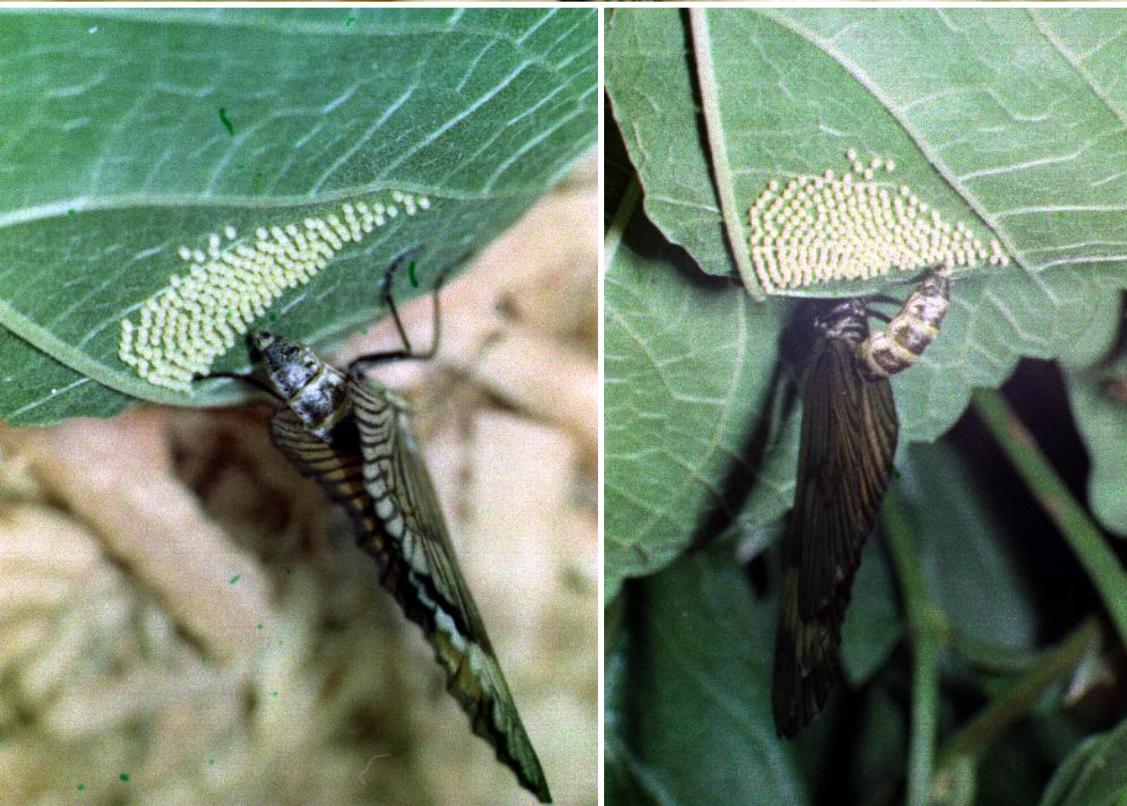



FIGURA 319. Fêmea de *Actinote pellenea* em processo de oviposição sob folha de de *Austroeupatorium inulaefolium* em abril de 1988 em condições de laboratório.

FIGURA 320. Sequência de oviposição de uma fêmea de *Danaus erippus* em planta de *Asclepias curassavica*.

FIGURA 321. Fêmea de *Danaus erippus* colocando um ovo em meristema de planta de *Asclepias curassavica*.

FIGURA 322. Fêmea de *Danaus erippus* colocando um ovo em meristema de planta de *Asclepias curassavica*.

C

D

A

B

E

FIGURA 323. (A) Fêmea de *Danaus erippus* colocando um ovo (**B**) em folha de planta de *Asclepias curassavica*. (**C-D-E**) Ovos colocados em tecidos jovens.

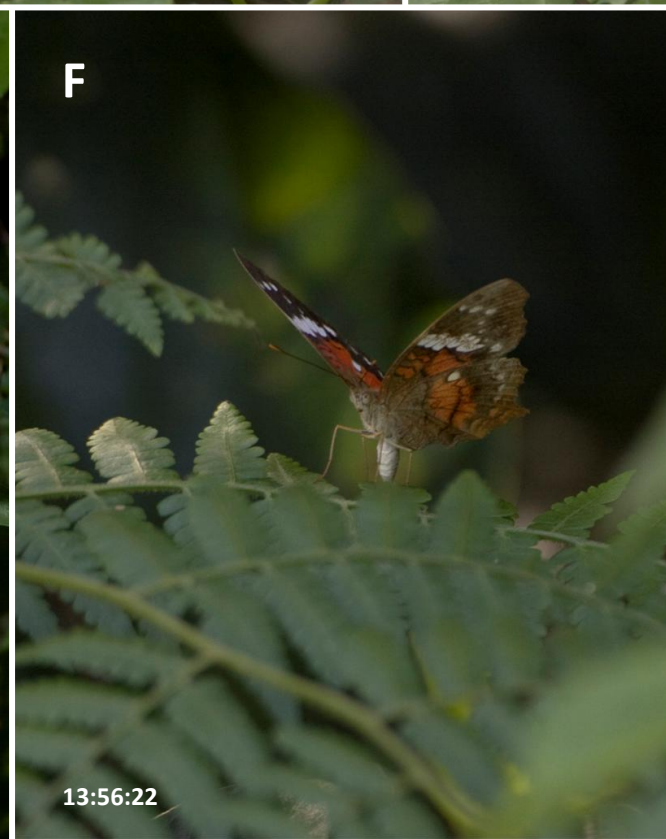



FIGURA 324. Sequência de oviposição de fêmea de *Anartia amathea roeselia* em julho de 2009. Ela colocou ovos em diferentes tipos de plantas, descansava um pouco e depois retornava a ovipositar. Os dígitos em cada foro indicam o tempo (hora:minuto:segundo). Continua na próxima página.

G

14:02:24

H

14:00:39

FIGURA 324. Continuação da página anterior. Sequência de oviposição de fêmea de *Anartia amathea roeselia* em julho de 2009. (**G**) Detalhe de uma das oviposições. (**H-J**) Entre os períodos de oviposição e descanso foi incomodada por um macho duas vezes. Continua na próxima página.

I

14:03:36

J

14:03:59

FIGURA 324. Continuação da página anterior. Sequência de oviposição de fêmea de *Anartia amathea roeselia* em julho de 2009. (**I-J**) Entre os períodos de oviposição e descanso foi incomodada por um macho duas vezes.

A

B

C

E

D

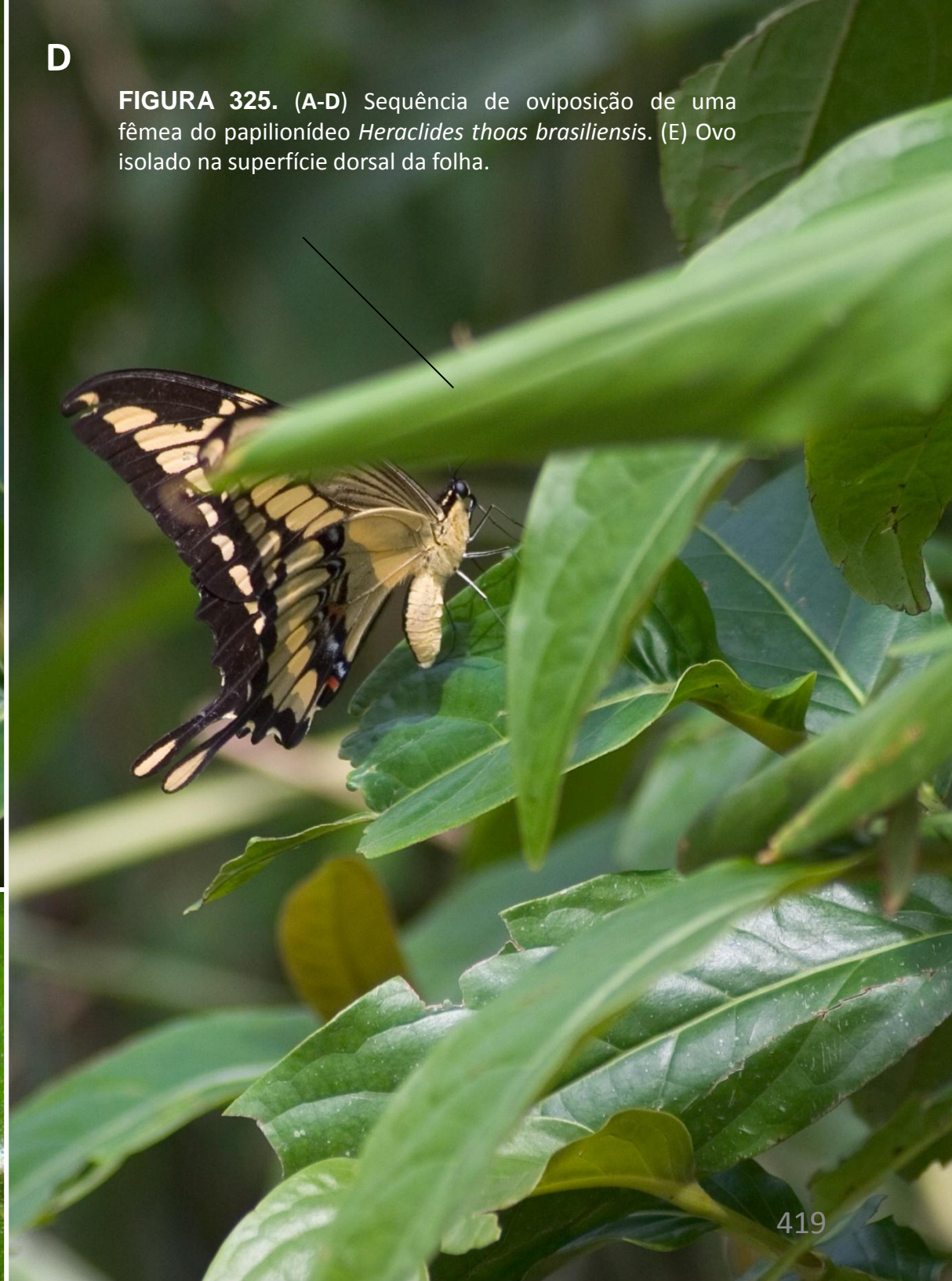
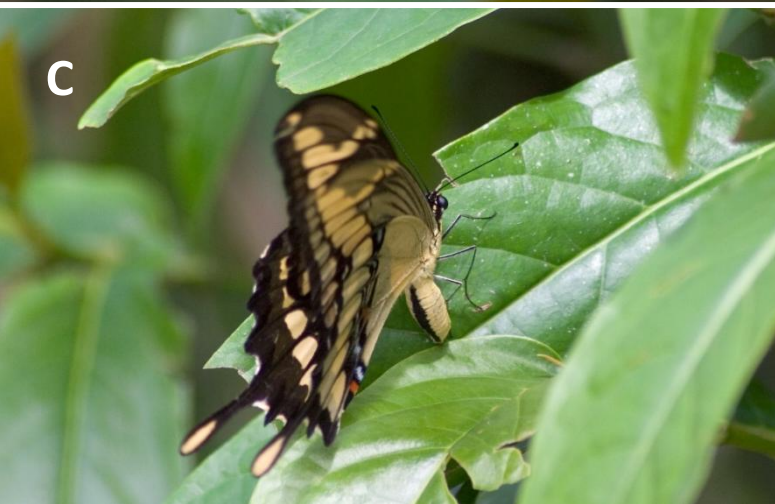



FIGURA 325. (**A-D**) Sequência de oviposição de uma fêmea do papilionídeo *Heraclides thoas brasiliensis*. (E) Ovo isolado na superfície dorsal da folha.

OVOS E ECLOSÃO

O desenvolvimento é, em parte, dependente da temperatura e cada espécie tem um valor médio para que os ovos colocados eclodam. Em ambientes tropicais mais quentes geralmente isso leva em torno de 10 dias.

Em *Actinote pellenea pellenea*, os ovos colocados em grupos de 350 ovos e seu diâmetro varia entre 0,42mm e 0,55mm (média=0,48mm). Eles têm cor amarelo-limão durante a oviposição (**FIG. 326 A**) que depois de 24/48h muda para rosado **FIG. 326 B**) e depois para cor de tijolo (**FIG. 326 C**).

Os ovos maduros, com mais de três dias, tornam-se avermelhados (**FIG. 326 D**) e umas 24/48h antes da eclosão ficam escuros porque a cor negra do epicrânio da larva nesta fase já pode ser visto por transparência (**FIG. 326 E**). Nesta fase, o epicrânio das larvas fica bem visível e permite visualizar suas mandíbulas movimentando-se para comerem o cório e saírem (**FIG. 326 F-H**).

Algumas das larvas recém eclodidas comem quase todo o cório e outras perambulam pela oviposição. Algumas tentam comer o cório de ovos que ainda têm larvas o que acaba facilitando a saída da larva irmã do seu interior mas isto só foi observado uma vez .

Ovos amarelos, ou seja, óvulos não fecundados, podem fazer parte de uma oviposição variando bastante (**FIG. 327 A**).

Já em *Anartia amathea roselia* ao eclodir a larva muitas vezes precisa deslocar-se bastante para encontrar uma folha que ela possa usar já que a fêmea muita vezes coloca seus ovos em substratos inadequados (**FIG. 328**).

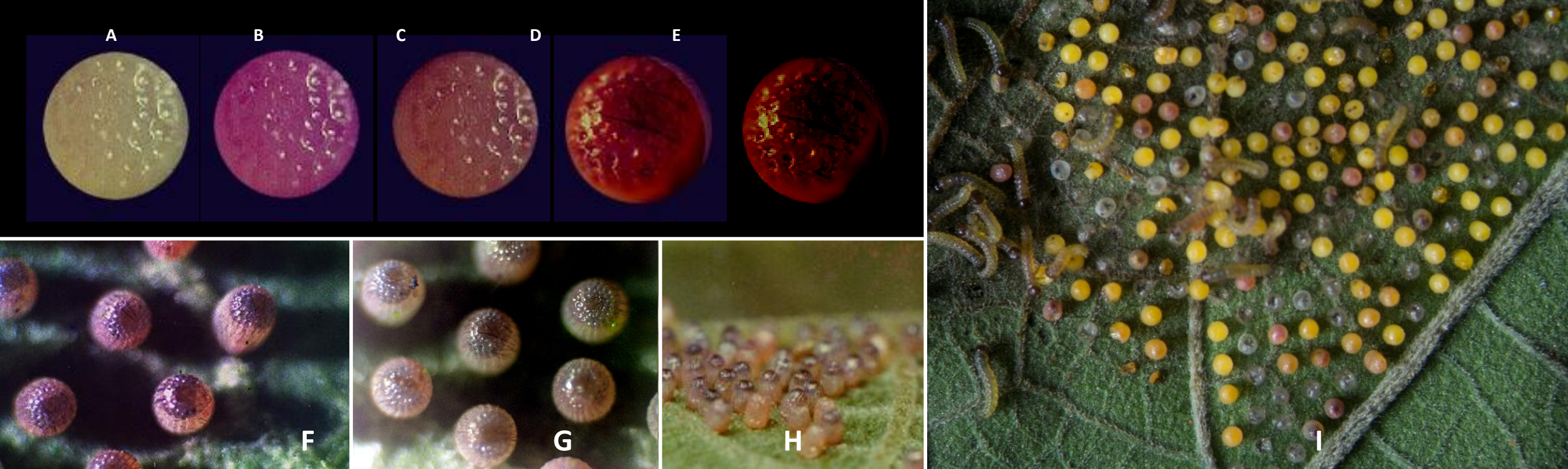
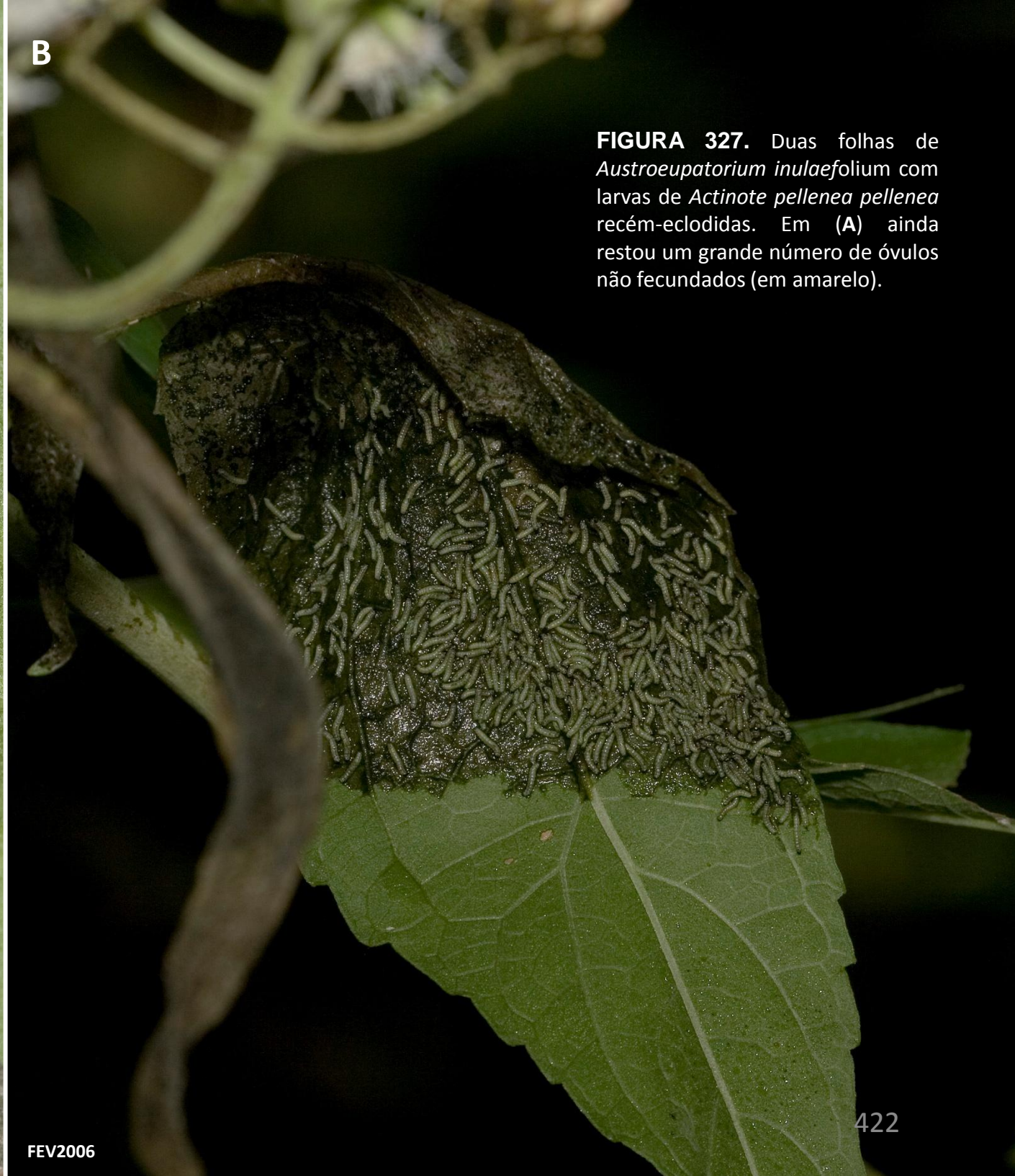



FIGURA 326. Variação da coloração dos ovos de *Actinote pellenea pellenea* durante o desenvolvimento.

A

ABR2007

B

FEV2006

FIGURA 327. Duas folhas de *Austroeupatorium inulaef*olium com larvas de *Actinote pellenea pellenea* recém-eclodidas. Em (**A**) ainda restou um grande número de óvulos não fecundados (em amarelo).

FIGURA 328. Detalhe de um ovo colocado rapidamente em uma inflorecência de Emilia sp. e a larva de primeiro estádio que saiu dele após a eclosão.

ESTÁGIO LARVAL

Em *Actinote pellenea pellenea, a*pós 2 a 4 dias, as larvas de primeiro estádio se agrupam em um ponto da folha e começam o processo de muda. Nesse período ficam imóveis e seu comprimento diminui enquanto seu diâmetro aumenta e coloração fica muito mais clara. Logo aparecem os *scoli* que são "espinhos" que irão ornamentar as larvas até empuparem (**FIG. 329**).

Após 5 a 12 dias as larvas de segundo estádio se agrupam formando uma massa compacta e começam o processo de muda. Assim como em todas as mudas, elas ficam mais claras enquanto seu comprimento diminui e o diâmetro aumenta. Desse estádio para frente, a o padrão geral de coloração será mantido.

As larvas são animais insaciáveis comendo e defecando durante os períodos entre as mudas (**FIG. 330**) e o estrago que elas fazem nas plantas de alimento podem ser muito grandes.

A complexidade de cada *scolus* vai aumentando conforme a larva vai sofrendo as mudas sucessivas até chegar no seu desenvolvimento máximo na larva de último estádio (**FIG. 331 A-C**).

No campo essas larvas vão comendo e desfolhando as plantas geralmente em grupos grandes (**FIG. 333-334-335**) que só se desfazem quando as larvas estão prestes a empupar.

As larvas de muitas espécies produzem seda em estruturas secretoras na região bucal e esta seda serve de cinto de segurança para a larva. Quando se deslocam elas vão tecendo a seda no substrato de forma que, se caírem da folha ficarão presas na seda e poderão retornar (**FIG. 336**).

FIGURA 329. Grupo de larvas de *A. p. pellenea* na muda do primeiro para o segundo estádio em 13 de maio de 2005. As larvas indicadas pelas setas já estão com *scoli* enquanto as outras ainda apresentam cerdas.

A

SET2008

B

SET2008

C

SET2008

FIGURA 330. (**A-B**) Grupo de larvas de *Actinote pellene pellenea* na muda do terceiro para o quarto estádio em 9 de setembro de 2008; (**C**) O mesmo grupo de larvas após a muda do terceiro para o quarto estádio em 10 de setembro de 2008.

cabeça tórax abdômen

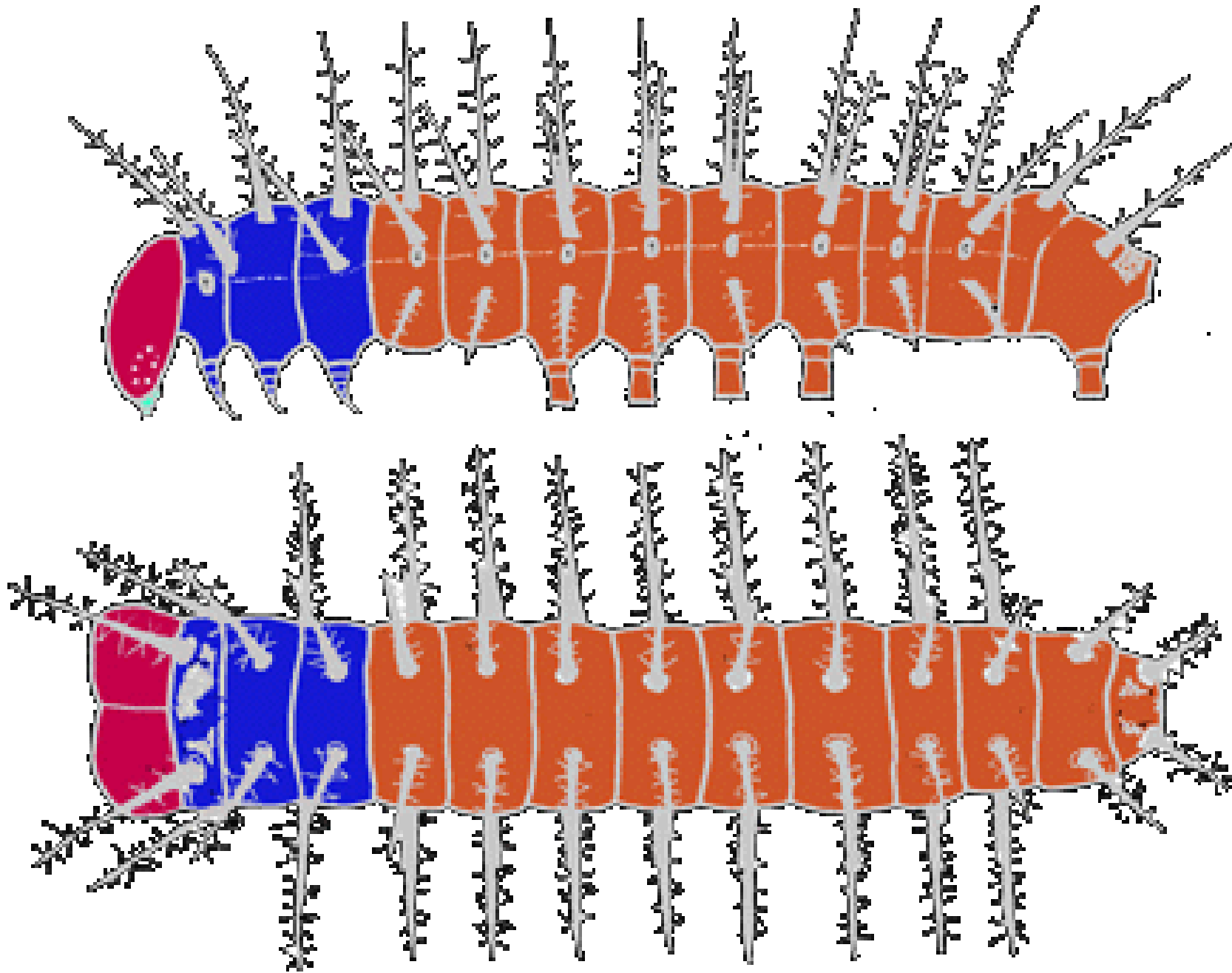



FIGURA 331. Esquema das partes de uma larva de *Actinote pellenea pellenea* em último estádio mostrando a cabeça, o tórax e o abdôomen.

A

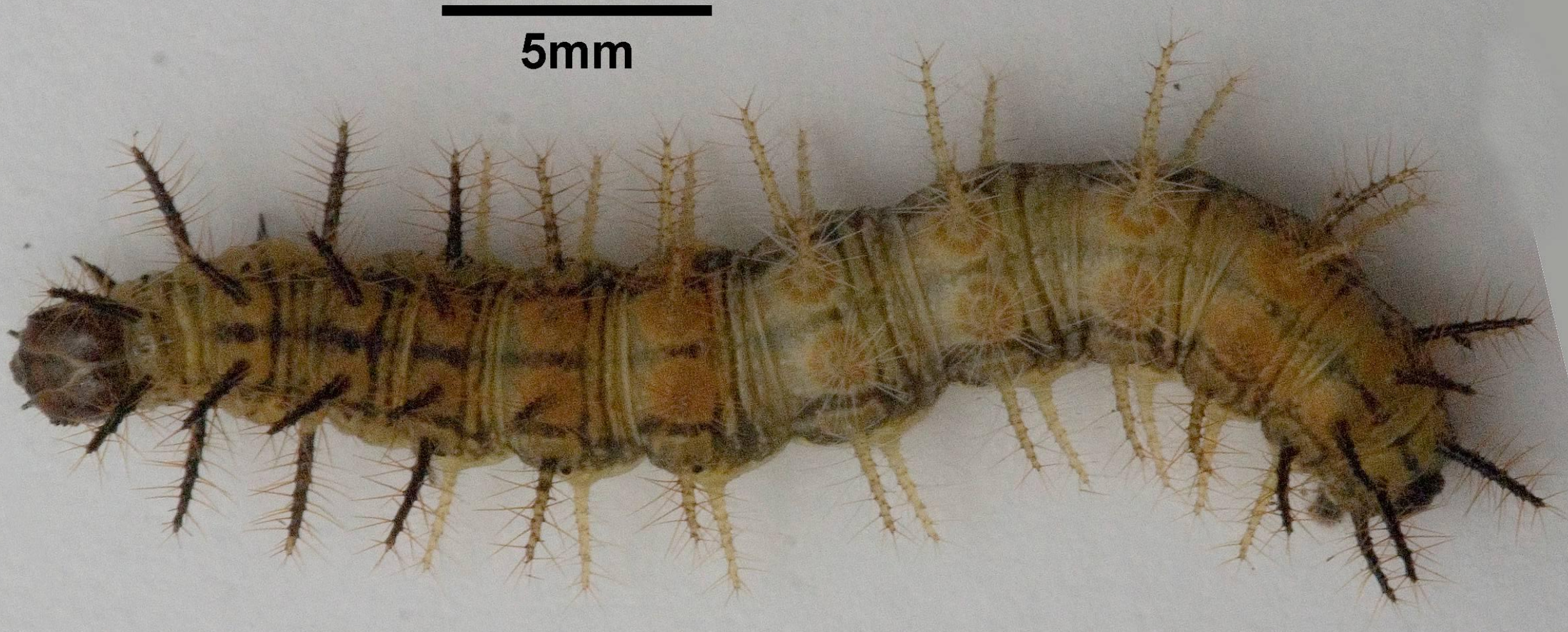
5mm

SET2008

FIGURA 332. Três larvas de *Actinote pellenea pellenea* em último estádio mostrando as variação do desenho de cada uma. Continua na página seguinte.

B

SET2008

FIGURA 332. Continuação da página anterior. Três larvas de *Actinote pellenea pellenea* em último estádio mostrando as variação do desenho de cada uma.
Continua na página seguinte.

C

FIGURA 332. Continuação da página anterior. Três larvas de *Actinote pellenea pellenea* em último estádio mostrando as variação do desenho de cada uma.

SET2008

FIGURA 333. Grupo de larvas de *Actinote pellenea pellenea* em terceiro estádio em muda para o quarto comendo as folhas de *Austroeupatorium inulaefolium.*

ABR1978

ABR2001

FIGURA 334. Arbustos de *Austroeupatorium inulaefolium*e desfolhados por larvas de *Actinote pellenea pellenea.*

FIGURA 335. Arbusto de *Austroeupatorium inulaefolium*e desfolhados por larvas de *Actinote pellenea pellenea.* Continua na próxima página.

FIGURA 335. Continuação da página anterior. Arbusto de *Austroeupatorium inulaefolium*e desfolhados por larvas de *Actinote pellenea pellenea.*

ABR2006

A

B

FIGURA 336. Teia de seda produzida pelas lagartas de *Actinote pellenea pellenea.* (**A**) é um detalhe de (**B**).

DINÂMICA DAS LARVAS NO CAMPO

Para exemplificar um ciclo de vida usarei a espécie *Actinote pellenea pellenea* já citada anteriormente.

No Vale do Rio Quilombo, as populações de *Actinote pellenea pellenea* não têm sido muito grandes embora as plantas de alimento das larvas, *Austroeupatorium inulaefolium*, *Mikania micrantha* e *M. cordifolia* sejam relativamente comuns. M

Mesmo assim foi possível em 2008 acompanhar o destino de uma coorte de ovos. Em 29 de abril de 2008 observei uma fêmea ovipositando em um arbusto em final de floração de *Austroeupatorium inulaefolium*, no segmento 14 da estrada (**FIG. 337 A-C**). Nesse trecho haviam mais de 10 plantas dessa espécie com mais de 2 m de altura.

A temperatura era de 23°C devido a um vento NW forte que fazia com que as folhas balançassem muito. No início da observação, às 13:00 h, a fêmea já havia colocado alguns ovos de forma que me limitei a tirar algumas fotos e deixá-la na sua missão.

Passados 19 dias, os ovos eclodiram em 19 de maio (**FIG. 338 A**) e as larvas de primeiro estádio já se deslocavam para perto do pecíolo da folha em 22 de maio por terem consumido quase todo o parênquima (**FIG. 338 B**) . Em 3 de junho elas já tinham se deslocado para outras folhas que iam comendo (**FIG. 339**). Em 17 de junho já estavam em quarto estádio (**FIG. 340 A-C**) e já tinham feito um bom estrago desfolhando quase toda a planta. Em 30 de junho toda a planta estava desfolhada (**FIG. 341**) e as larvas em último estádio já haviam passado para outras plantas distantes 5 m da primeira (**FIG. 342 A-C**). Como a maior parte estava no final do desenvolvimento a quantidade de folha comida era muito grande (**FIG. 343 A-B**) .

Esse padrão é comum na região mas as observações de longo prazo mostraram que os arbustos intensamente desfolhados logo adquiriam novas folhas (**FIG. 344 A-B**).

As larvas de *Danaus erippus* tem um problema que é o de lidar com o látex espesso e tóxico da planta de alimento, *Asclepias curassavica*. Elas resolveram o problema cortando o pecíolo da folha sem que ele caia de modo a fazer escorrer o excesso de látex e só então elas passas a alimentar-se (**FIG; 345 A-C**).

A

B

C

MAI2008

FIGURA 337. **(A)** Hábitat onde uma fêmea de *Actinote pellenea pellenea* foi observada ovipositando às 13:00h de 29 de abril de 2008 em um arbusto *Austroeupatorium inulaefolium* (indicado pelo retângulo branco) com mais de 3m de altura. Ele estava florido e havia um vento NW forte que fazia com que a folha balançasse muito mas a fêmea não desgrudou dela até o final da oviposição. (**B-C**) Detalhe da fêmea ovipositando.

A

B

FIGURA 338. (**A**) Ovos recém eclodidos em 19 de maio de 2008 da fêmea de *Actinote pellenea pellenea* observada ovipositando em um arbusto *Austroeupatorium inulaefolium.* (**B**) em 22 de maio de 2008.

FIGURA 339. Larvas em 3 de junho de 2008 da fêmea de *Actinote pellenea pellenea* observada ovipositando em 19 de abril de 2008 em um arbusto *Austroeupatorium inulaefolium.*

A

FIGURA 340. Larvas em 17 de junho de 2008 da fêmea de *Actinote pellenea pellenea* observada ovipositando em 19 de abril de 2008 em um arbusto *Austroeupatorium inulaefolium.* Continua na página seguinte.

B

FIGURA 340. Continuação. Larvas em 17 de junho de 2008 da fêmea de *Actinote pellenea pellenea* observada ovipositando em 19 de abril de 2008 em um arbusto *Austroeupatorium inulaefolium.* Continua na página seguinte.

C

FIGURA 340. Continuação. Larvas em 17 de junho de 2008 da fêmea de *Actinote pellenea pellenea* observada ovipositando em 19 de abril de 2008 em um arbusto *Austroeupatorium inulaefolium.*

FIGURA 341. Planta *Austroeupatorium inulaefolium* totalmente desfolhada em em 30 de junho de 2008 pelas larvas de *Actinote pellenea pellenea.*

A

B

FIGURA 342. Larvas de *Actinote pellenea pellenea* em 30 de junho de 2008 após terem mudado de planta distante 5 m daquela que foi desfolhada.

A

FIGURA 343. Larvas de *Actinote pellenea pellenea* comedo folha de *Austroeupatorium inulaefolium.*

SET2008

B

JUN2009

FIGURA 343. Continuação da página anterior. Larva de *Actinote pellenea pellenea* comedo folha de *Austroeupatorium inulaefolium.*

A

MAI2008

JUN2008

B

FIGURA 344. Planta *Austroeupatorium inulaefolium* totalmente desfolhada em em maio de 2008 já com folhas novas em junho de 2008.

A

AGO2005

B

SET2009

C

FIGURA 345. (**A**) Larva de *Danaus erippus* em último estádio alimentando-se em *Asclepias curassavica*. Foto Carlo Leopoldo B. Francini. (**B-C**) Tática usada pela larva para dominuir a quantidade de látex cortando a folha na base para este escorra.

PRÉ-PUPAS E PUPAS

Quando a larva chega ao último estádio chega um momento em que se iniciam as transformações fisiológicas internas que levarão ao estágio de pupa. Esse período, o estágio de pré-pupa, é tão diferenciado que pode ser considerado um estágio intermediário entre o larval e o pupal.

Em *Actinote pellenea pellenea* o período pré-pupal pode ser dividido em quatro fases. Na primeira fase o corpo sofre um diminuição no comprimento e um aumento no diâmetro e a coloração geral fica mais clara (**FIG. 346 A**). Nela, a pré-pupa para de se alimentar e começa a caminhar bastante, mesmo quando criada em ambiente pequeno, podendo passar horas, às vezes parando, às vezes andando.

Na segunda fase, quando finalmente chega ao ponto adequado, ela começa a tecer com seda um ponto de apoio que, junto ao uso dos ganchos das pernas anais permitirão uma melhor fixação definitiva ao substrato (**FIG. 346 B**) de onde ficará suspensa. O processo de fixação ao substrato é lento e pode levar até 12 horas.

Na terceira fase, a pré-pupa já está presa a mancha de seda em posição sempre invertida de forma que fica suspensa de cabeça para baixo (**FIG. 347 A**). Ela pode ficar nessa posição até 36 horas ficando em uma posição que varia entre totalmente reta a bastante convexa. Mas, de vez em quando, faz movimento rápidos para ir descolando a pele antiga da nova que já está formada abaixo da antiga.

Na quarta fase, a pele antiga começa a ser rasgada pela cabeça e vai se abrindo longitudinalmente ao longo da região dorsal (**FIG. 348 A**). Toda essa operação pode levar apenas alguns segundos ou durar até 10 minutos. Isso dependerá de como ela conseguiu fixar-se ao substrato.

A dissecção de pré-pupas mostrou que elas já possuem as almofadas anais na forma final como aparecerão na pupa.

1mm

Nesse período, de endurecimento do exoesqueleto pupal, a pupa fica muito sensível a ataques já que o exoesqueleto está ainda muito mole.

No início dessa fase a coloração da pupa já formada varia entre branco leitoso ligeiramente amarelado com áreas verde-claras (**Fig. 349**) sendo que a coloração definitiva da pupa só vai aparecer umas 36 horas após sua formação.

Em *Actinote pellenea pellenea* a formação dos órgãos reprodutores, testículos ou ovaríolos, se dá entre o final da fase de pré-pupa e o inicio da formação da pupa.

Se dissecarmos a pré-pupa antes da ecdise os testículos ou ovaríolos ainda não estarão presentes. Na pupa com algumas horas esses órgãos já estão presentes e já estarão totalmente completos na pupa com um dia de idade (**Fig. 350**).

Só é possível encontrar células em divisão meiótica no período inicial logo após a ruptura da pele larval. O desenvolvimento dos órgãos reprodutivos é, depois disso, relativamente rápido.

Essas características permitem que os adultos possam emergir com uma reserva de óvulos ou espermatozóides já maduros que possibilitam ao adulto iniciar a reprodução imediatamente após a emergência. Essa estratégia deve ter sido selecionada devido ao ambiente de borda, instável e imprevisível colonizado pela espécie.

As marcas melânicas só aparecem inicialmente nas extremidades dos espinhos e as outras só aparecerão depois que a pupa esteja com o exoesqueleto totalmente endurecido (**Fig. 351**).

A

NOV2002

B

SET2008

FIGURA 346. Três pré-pupas e uma pupa de *Actinote pellenea pellenea* já formadas. Detalhe da extremidade anal de uma pré-pupa mostrando o tufo de seda destinado a segurar a pupa quando formada. Foto obtida de uma pré-pupa que foi mantida dentro de um saco plástico.

FIGURA 347. Uma pré-pupa de *Actinote pellenea pellenea* já presa ao substrato pelo tufo de seda preso ao cremáster.

FIGURA 348. Etapas da eliminação da pele larval com a aparição da pele pupal que já estava formada na pré-pupa.

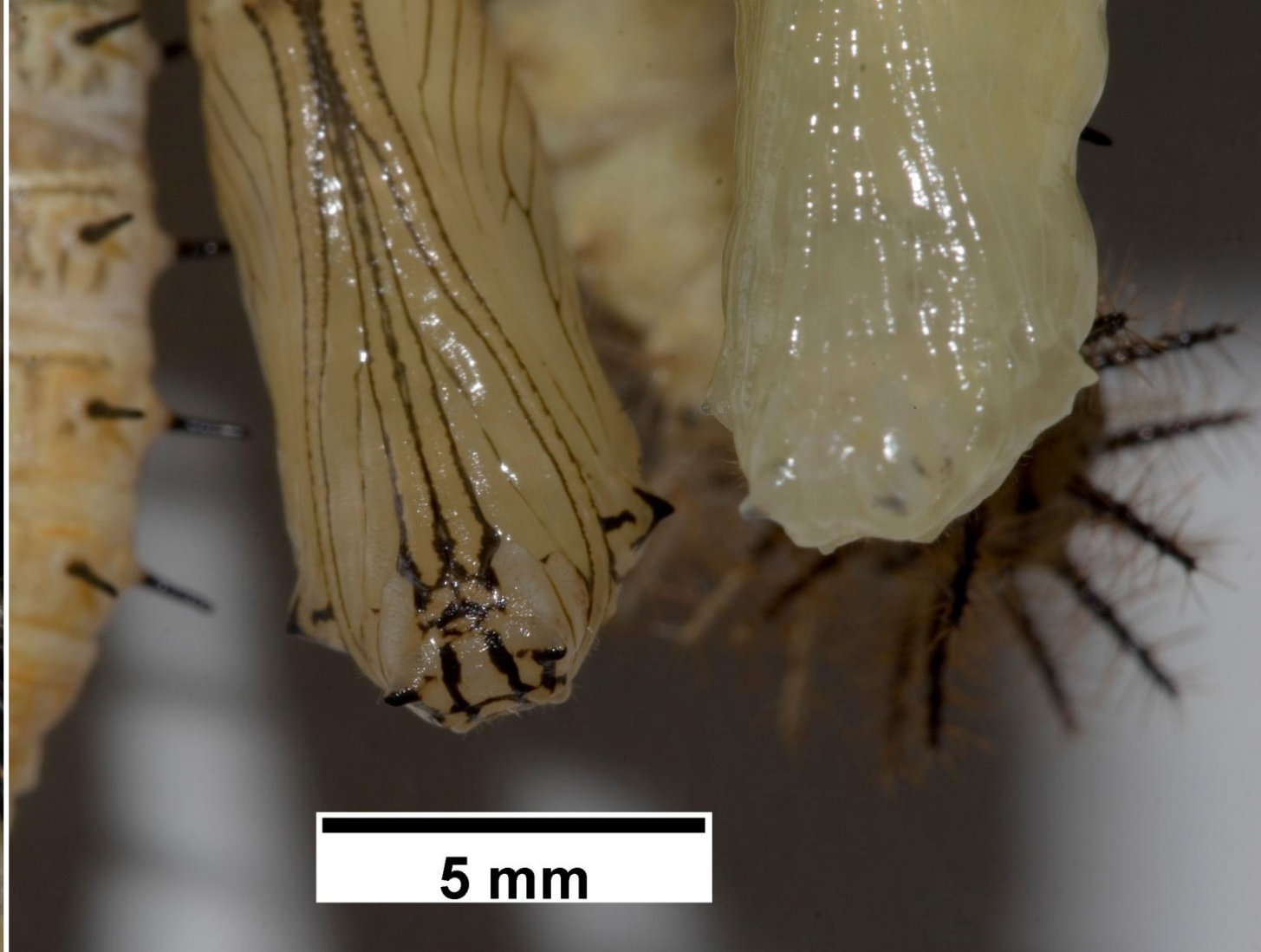



FIGURA 349. Aspecto do tegumento ainda mole da pupa recém-formada.

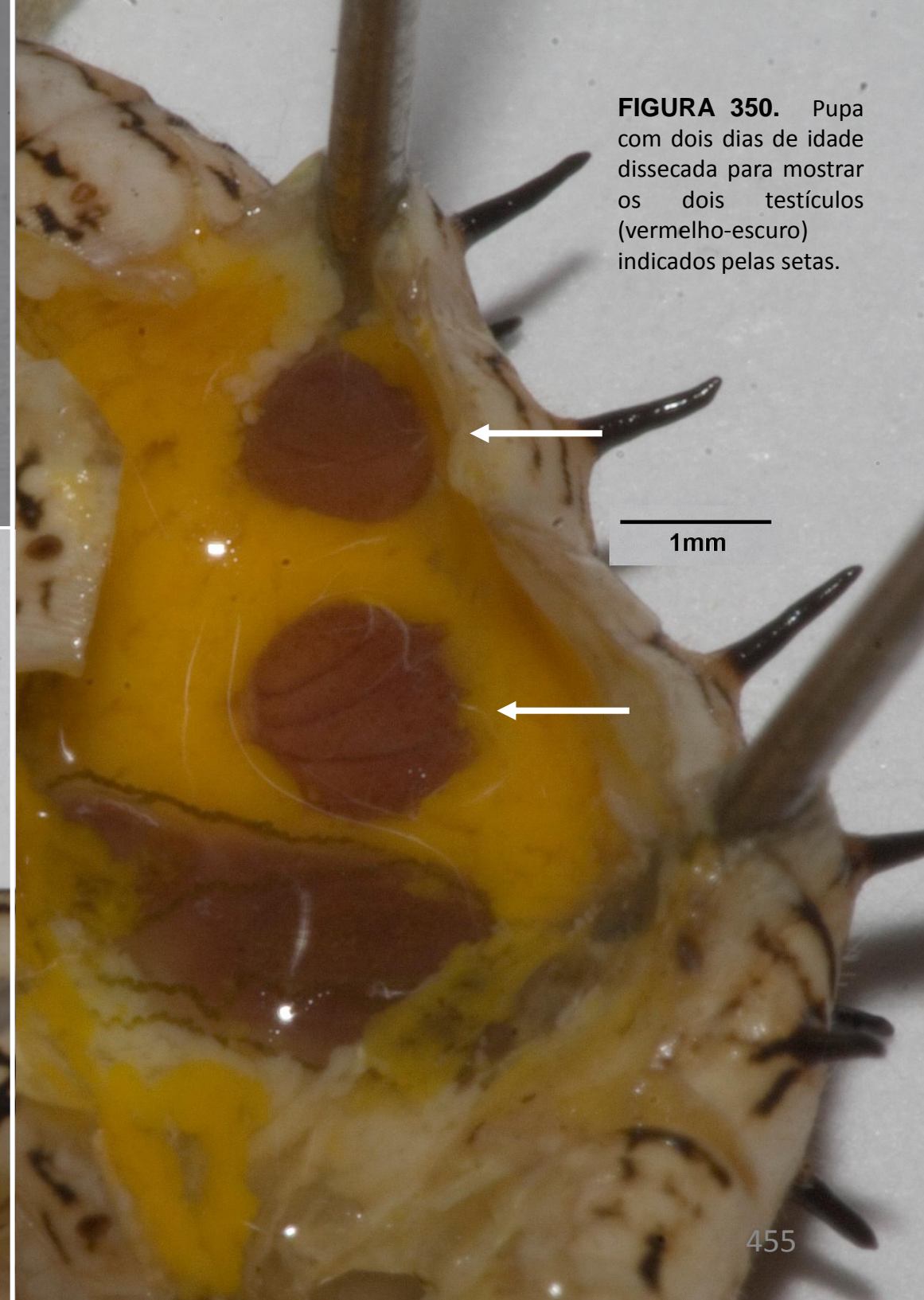



FIGURA 350. Pupa com dois dias de idade dissecada para mostrar os dois testículos (vermelho-escuro) indicados pelas setas.

FIGURA 351. Duas pupas de Actinote pellenea pellenea mostrando a variação no padrão de coloração.

As pupas de *Actinote* podem ser encontradas no campo na planta hospedeira, em plantas ou substratos sólidos próximos ou mesmo em construções como muros. Mas o estágio pupal das borboletas é o que tem sua ecologia menos conhecida. Isso porque, na maior parte das espécies, as pupas têm formatos e/ou padrões de coloração que são crípticos sendo assim difíceis de serem encontradas.

Além disso, em muitas espécies, quando na fase final do período larval, elas se deslocam da planta de alimento indo empupar longe dela.

Como as pupas são sésseis, ficando presas a um substrato por uma estrutura especial chamada cremáster, sua defesa fica muito limitada já que não possuem apêndice móveis capaz de garantir sua defesa. Esta fica restrita a uns poucos movimento que podem ser feitos para assustar ou retirar pequenos artrópodes predadores.

Em 8 de abril de 2008, no Vale do Rio Quilombo, pude observar uma sequência de adultos emergindo de um grande arbusto de *A. inulaefolium* que havia sido totalmente desfolhado em 31 de março (**FIG. 352**).

O dia estava nublado com períodos de sol encoberto e a umidade muito alta com o orvalho recobrindo a vegetação.

A saída dos adultos das pupas começou às 09:00 h e continuou até as 11:00h. Alguma das pupas estavam fixadas no caule da planta e as borboletas depois de secarem as asas caminhavam por ele para atingir a parte mais alta da planta (**FIG. 353 A-H**).

Quando chegavam na parte mais alta abriam as asas para poder melhor absorver o calor do sol (**FIG. 353 A-I**). Alguns saíram de pupas que estavam fora da planta de alimento (**FIG. 353 A-B**).

No laboratório os adultos podem emergir a qualquer hora mas geralmente concentra-se nas horas de luz (**FIG. 354**).

O maior problema na emergência do adulto é como a pupa está fixada. Geralmente a própria exúvia pupal serve de apoio mas, algumas vezes, o ponto de apoio da borboleta rompe-se. Alguns lugares não oferecem pontos de apoio adequados de forma que a borboleta com as asas ainda mole pode cair e não conseguir alcançar um ponto elevado adequado para secá-las.

Uma das maneiras práticas de garantir que pupas possam se fixar em substrato adequados que permitam uma emergência sem problemas é a de colocar a larva de último estádio, que está entrando no estágio pré-pupal, em caixas de papelão.

Podem ser usadas caixas de pasta dental, sabonete, remédio, entre outras. Coloco um número de larvas não muito grande para o tamanho da caixa e fecho a mesma depositando-a com um dos lados para cima. Geralmente depois de 24/48h as pupas já estão formadas e dependuradas na parte superior. Aí, é só cortar o papelão em torno do cremáster e fixar no lugar de emergência.

Quando a pupa se rompe, perde parte do líquido meconial no qual o adulto estava imerso. No começo o corpo e as asas do adulto ainda estão muito moles. A coloração das asas ainda é muito clara e só estará totalmente desenvolvida com sua secagem.

Uma espécie que foi observada a emergência do adulto é *Phoebis philea* cuja pupa estava na borda estrada sob a folha de lírio-do-brejo e a uma altura de 1,5 m do chão levado mais de uma hora para secar suas asas e começar a voar (**FIG. 355**). Pupas de *Mechanitis lysimnia lysimnia* também podem ser encontradas sob as folhas de suas plantas de alimento do gênero *Solanum* (**FIG. 356**).

FIGURA 352. Arbusto de *A. inulaefolium* fotografado em 31 de março de 2008 quando estava totalmente desfolhado pelas larvas de *A. p. pellenea*.

FIGURA 353. Página seguinte. Aspectos da emergência de adultos de *A. p. pellenea* no arbusto de *A. inulaefolium* mostrado na figura X que foi totalmente desfolhado pelas larvas.

(**A-D**) Sequência da subida de um macho pelo caule da planta para alcançar uma posição favorável para termoregulação. Em (**C**) aparece também uma fêmea que havia saído da pupa, indicada pela seta e mostrada em detalhe em (**H**).

(**E-G**) Subida de macho até outra posição de termoregulação em (**G**) e (**J**) e outro em (**I**).

(**K-N**) Quatro machos que emergiram de pupas presas em arbustos de lírio-do-brejo ao redor da planta de *A. inulaefolium*.

A B C D E F G H I J K L M N

FIGURA 353. Legenda na página anterior.

FIGURA 354. Legenda na página anterior.

FIGURA 355. Emergência no campo do pierídeo *Phoebis philea* de uma pupa que estava fixada sob folha de lírio-do-brejo.

FIGURA 356. As lagartas do itomíneo *Mechanitis lysimnia lysimnia* podem empupar em grupos sob as folhas de suas plantas de alimento.

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

Capítulo 9

Proteção contra inimigos naturais

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

BORBOLETAS E INIMIGOS NATURAIS

As borboletas são insetos que aparentam fragilidade e, como já foi visto, são pouco rejeitados pelas pessoas. No entanto, apesar delas não fazerem diretamente mal aos seres humanos os indivíduos de muitas espécies podem ser muito tóxicos. Geralmente essa toxicidade está aliada a diferentes níveis de impalatabilidade o que, na prática, significa que borboletas poderão ser tóxicas apenas para predadores que delas se alimentem.

Os compostos químicos que conferem proteção às borboletas pertencem à diferentes grupos e podem ou não ser obtidos das plantas de alimento das larvas ou dos adultos.

Com isso, surgiram teorias para explicar as relações entre os padrões de desenho das asas das borboletas e sua eventual toxicidade: a do mimetismo batesiano e a do mimetismo mülleriano.

A primeira está baseada no trabalho de Bates. Os naturalistas inglêses Henri Walter Bates e Alfred Russell Wallace vieram ao Brasil em 1848, onde permaneceram até 1859. Nesses quase oito anos eles os dois percorreram quase toda a Bacia Amazônica, coletando principalmente material entomológico para enviar as coleções inglesas.

Voltando a Inglaterra, Bates publicou o livro *The Naturalist on the River Amazons* (O Naturalista no Rio Amazonas) de grande importância para o conhecimento da fauna da região visitada enquanto Wallace usou seus dados na construção da Teoria da Evolução juntamente com Charles Darwin.

A segunda está baseada nos trabalhos do naturalista e biólogo alemão Fritz Müller que emigrou para o Brasil em meados do século XIX fixando-se em Santa Catarina onde viveu 45 anos, doze dos quais como "naturalista viajante" a serviço do Museu Nacional do Rio de Janeiro. Também foi colaborador de Charles Darwin e tornou-se conhecido e respeitado nos círculos científicos europeus.

O mimetismo mülleriano foi inicialmente proposto em 1879 por Fritz Müller, que observou a grande semelhança entre as borboletas dos gêneros *Ituna* (Nymphalidae: Danainae) e *Thyridia* (Nymphalidae: Ithomiinae) e entre *Eueides* (Nymphalidae: Heliconiini) e *Actinote* (Nymphalidae: Acraeinae).

Ele achou que a semelhança entre padrões de cores das asas nessas borboletas reduziria a pressão de predação em cada urna dessas espécies. Como todas eram consideradas impalatáveis a predadores, haveria uma somação nos efeitos de proteção conferidos as duas.

Essa proposição diferia da feita em 1862 por Henry Walter Bates que considerava que uma espécie tida como palatável, chamada de mímico, ganhava proteção quando era tornada parecida com uma espécie impalatável, chamada de modelo.

Hoje chamamos de modelo à espécie que tem características que a tomam pouco interessante para um predador. Quando duas ou mais espécies tem a mesma função de modelo, são chamadas de co-mímicos e o indivíduo da espécie imitadora é chamado de mímico.

No final do século XIX, o cientista alemão Erich Haase publicou em 1893 em Stuttgart, Alemanha o livro "*Untersuchungen über die mimicry auf Grundlage eines natürlichen Systems der Papili*oniden" sintetizando o conhecimento da época sobre mimetismo em borboletas (**FIG. 357**.

No mimetismo batesiano o mímico e ecologicamente um parasita do modelo. No mimetismo mülleriano os co-mímicos são mutualistas (**TAB. 2**).

Em 1930, o cientista inglês sir Ronald Aylmer Fisher estabeleceu três critérios para reconhecer a existência do mimetismo:

1) Convergência superficial em linhas filéticas divergentes, envolvendo adaptações complexas em estruturas e funções;
2) Simpatria geográfica e micro-espacial razoável entre os táxons;
3) Prova do efeito na natureza através de observação ecológica intensa e experimentação em campo e laboratório.

O mimetismo envolve uma ação sinalizadora, onde o predador deve, de alguma forma, reconhecer o mímico ou o modelo pelos sinais que estes enviam.

Nessa conceituação a homocromia ou camuflagem deve ser excluída, pois não envolve o envio de sinal.

Geralmente o mimetismo implica na formação do aposematismo, cujas principais características são:

1) Primariamente um padrão de sinalização muito forte e claro (cores, odores ou sons); secundariamente impalatabilidade.;
2) Comportamento muito calmo, mostrando claramente o padrão para o eventual predador;
3) Taxa de resistência a ataques muito alta.;
4) Presença de substancias químicas tóxicas que afetem o predador.

As borboletas evoluíram diferentes mecanismos químicos de proteção vindos ou não de suas plantas de alimento de larva ou de adulto (**TAB. 3**).

FIGURA 357. Fac-símile da edição do livro "*Untersuchungen über die mimicry auf Grundlage eines natürlichen Systems der Papili*oniden" publicado em 1893 em Stuttgart na Alemanha pelo cientista alemão Erich Haase mostrando a página de rosto e uma das pranchas coloridas.

A

Untersuchungen über die Mimicry

auf Grundlage eines

natürlichen Systems der Papilioniden.

Erster Theil:

Entwurf eines natürlichen Systems der Papilioniden.

Von

Dr. Erich Haase

in Bangkok.

CASSEL.

Verlag von Theodor Fischer.

1892.

B

Haase, Untersuchungen. Taf. XII.

Tafel XII.

Fig. 84. *Pericopis ithomia* Feld. (Pericopid.) Centralamerika.
Fig. 85. *Castnia sinudans* Bsd. (Castniid.) Brasilien.
Fig. 86. Perrhybris pyrrha F. ♀ (Pierid.) Brasilien.
Fig. 87 Perrhybris pyrrha F. ♂ (Pierid.) Brasilien.
Fig. 88 *Pericopis histrio* Feld. (Pericopid.) Centralamerika, Brasilen.
Fig. 89 *Lycorea Ceres* Cr. (Danaid.) Brasilien. Fig. 85, 86, 88 und 89 führen die *Melinaea*-Tracht. Fig 84 die *Irene*-Tracht von *Tithorea*.
Fig. 90 *Castnia acraeoides* Bsdl. (Castniid.) Brasilien.
Fig. 91 *Dismorphia Melia* L. ♀ *acraeoides* (Pierid.) Brasilien.
Fig. 92 " " "♂ " " "
Fig. 93 *Acraea Thalia* L. ♀ (Acraein.) Brasilien. Modell zu Fig. 90 und 91.

Tabela 2. Classes de interações ecológicas fortes e suas possíveis consequências coevolutivas.

Interação	Efeito na aptidão da espécie A	Efeito na aptidão da espécie B	Efeito na aptidão da espécie C	Tendências coevolutivas
COMPETIÇÃO	**DIMINUI**	**DIMINUI**	**NEUTRO**	Aparece como uma adaptação mínima necessária para eliminar a interação; altamente instável e difícil de observar ou seguir.
PARASITISMO	**AUMENTA**	**DIMINUI**	**NEUTRO**	Aparece como um mutualismo ou escape evolutivo da espécie B (prejudicada na interação).
MIMETISMO BATESIANO	**DIMINUI** **(modelo)**	**AUMENTA** **(mímico Batesiano)**	**DIMINUI** **(predador)**	Promove muitas adaptações e diversificação no processo.
PREDAÇÃO	**AUMENTA**	**DIMINUI**	**NEUTRO**	Instável ao longo do tempo evolutivo mas fácil de observar ou seguir.
MUTUALISMO	**AUMENTA**	**AUMENTA**	**NEUTRO**	Aparece como um reforço nas interações, promovendo muitas adaptações e convergências (analogias).
MIMETISMO MULLERIANO	**AUMENTA** **(co-mímico)**	**AUMENTA** (co-mímico)	**AUMENTA** **(predador)**	Estável ao longo do tempo evolutivo, trivial, fácil de estudar.

Tabela 3. As cinco famílias de borboletas verdadeiras, suas plantas de alimento (larval e de adultos) e seus compostos químicos secundários e suas relações miméticas ou mutualísticas. Modificado de Brown *et al.* (1991). Dados referentes apenas aos grupos Neotropicais. Os grupos escritos com letra vermelha possuem substâncias químicas que conferem proteção contra predadores.

Família Papilionidae

Grupo de borboletas	Plantas e seus compostos		Relações miméticas	
Subfamília	**Família da planta larval**	**Compostos secundários da planta**	**MÜLLERIANA**	**BATESIANA**
Baroniinae.	Leguminoseae.	-	-	DAN.
Papilioninae: Troidini.	Aristolochiaceae.	ácidos aristolóquicos, alcalóides, terpenos, compostos fenólicos.	EUM, ITH, HEL.	-
Papilioninae: Graphiini.	Lauraceae, Annonaceae.	-	-	TROI, HEL.
Papilioninae: Papilionini.	Lauraceae, Rutaceae.	-	-	TROI, DAN.

Tabela 3. Continuação. As cinco famílias de borboletas verdadeiras, suas plantas de alimento (larval e de adultos) e seus compostos químicos secundários e suas relações miméticas ou mutualísticas. Modificado de Brown *et al.* (1991). Dados referentes apenas aos grupos Neotropicais.

Família Pieridae

Grupo de borboletas	Plantas e seus compostos		Relações miméticas	
Subfamília	**Família da planta larval**	**Compostos secundários da planta**	**MÜLLERIANA**	**BATESIANA**
Dismorphiinae.	Leguminoseae.	-	-	TROI, PIE, DAN, ITH, ACR, HEL.
Coliadinae.	Leguminoseae, Bignoniaceae.	-	-	PIE.
Pierinae [brancos].	Cruciferae, Capparidacea.	Glicosinolatos.	-	-
Pierinae [outros].	Lorathaceae.	-	-	TROI, PIE, DAN, TIH, ACR, HEL.

Tabela 3. Continuação. As cinco famílias de borboletas verdadeiras, suas plantas de alimento (larval e de adultos) e seus compostos químicos secundários e suas relações miméticas ou mutualísticas. Modificado de Brown *et al.* (1991). Dados referentes apenas aos grupos Neotropicais.

Família Nymphalidae

Grupo de borboletas	Plantas e seus compostos		Relações miméticas	
Subfamília	**Família da planta larval**	**Compostos secundários da planta**	**MÜLLERIANA**	**BATESIANA**
Danainae.	Apocynaceae, Asclepiadaceae, Moraceae.	Cardenolídeos (glicosídios cardíacos), alcalóides deseidropirrolizidínicos, Saponinas, compostos fenólicos.	ITH, ACR, HEL.	-
Ithomiinae	Apocynaceae, Solanaceae.	Alcalóides, esteróides, terpenos. cardenolídeos (glicosídios cardíacos), compostos fenólicos.	TROI, DAN, ACR, HEL.	-
Satyrinae	Gramineae, Cyperaceae, Marantaceae.	-	-	TROI, PIE, ITH, HEL, ACR.
Brassolinae.	Palmae, Musaceae, Zingiberaceae.	-	-	ACR.
Morphinae.	Gramineae, Palmae, Leguminosae, Menispermaceae.	-	-	-
Charaxinae.	Lauraceae, Myrtaceae, Piperaceae, Euphorbiaceae, Leguminosae, Flacourtiaceae.	-	-	PIE, ITH, ACR, HEL.
Apaturinae.	Ulmaceae.	-	-	-
Acraeinae.	Asteraceae.	Alcalóides desidropirrolizidínicos, sesquiterpenos.	DAN, ITH, HEL.	-
Nymphalinae: Heliconiini.	Passifloraceae.	alcalóides e compostos cianogênicos.	TROI, DAN, ITH, ACR.	-
Nymphalinae: outras tribos	Violaceae, Acanthaceae, Asteraceae, Urticaceae, Sapindaceae, Euphorbiaceae, Verbenaceae, Rubiaceae, Moraceae, Ulmaceae.	???	-	TROI, PIE, EUM, DAN, ITH, ACR, HEL.
	Ulmaceae (*Celtis*).	-	-	-

Tabela 3. Continuação. As cinco famílias de borboletas verdadeiras, suas plantas de alimento (larval e de adultos) e seus compostos químicos secundários e suas relações miméticas ou mutualísticas. Modificado de Brown *et al.* (1991). Dados referentes apenas aos grupos Neotropicais.

Família Lycaenidae

Grupo de borboletas	Plantas e seus compostos		Relações miméticas	
Subfamília	**Família da planta larval**	**Compostos secundários da planta**	**MÜLLERIANA**	**BATESIANA**
Plebejinae.	muitas famílias, principalmente Leguminoseae.	-	-	PIE.
Theclinae [*Eumaeus*].	Cycadaceae (*Zamia*).	Glicosídios pseudocianogênicos.	TROI.	-
Theclinae [outros].	muitas famílias [mutualistas com formigas].	-	-	-

Tabela 3. Continuação. As cinco famílias de borboletas verdadeiras, suas plantas de alimento (larval e de adultos) e seus compostos químicos secundários e suas relações miméticas ou mutualísticas. Modificado de Brown *et al.* (1991). Dados referentes apenas aos grupos Neotropicais.

Família Riodinidae

Grupo de borboletas	Plantas e seus compostos		Relações miméticas	
Subfamília	**Família da planta larval**	**Compostos secundários da planta**	**MÜLLERIANA**	**BATESIANA**
Riodininae.	muitas famílias [mutualistas com formigas].	-	-	PIE, EUM, DAN, ITH, ACR, HEL.

Christine Papageorgis, em 1974, e mais tarde Keith Spalding Brown Jr., em 1983, aceitaram que as espécies consideradas como aposemáticas ou com coloração de advertência podiam ser consideradas como crípticas em determinadas situações.

Um indivíduo da espécie *Heliconius ethila narcaea*, por exemplo, é facilmente visível quando voando fora da floresta, em lugar aberto, mas se torna mais imperceptível dentro da floresta devido às variações de claro-escuro aí normalmente existentes.

Os compostos que conferem proteção às borboletas abrangem vários tipos de estruturas químicas diferentes que são sintetizados ou pelas plantas ou pelas borboletas. Alguns desses compostos são tóxicos em pequenas quantidades (defesas qualitativas) e outros só em grandes quantidades (defesas quantitativas)(**TAB. 4**).

Pela análise dos compostos do metabolismo secundário, capazes de conferir proteção contra predação, encontrados em borboletas verifica-se que existe uma tendência evolutiva que passa do simples sequestro à síntese independente (**TAB. 5**).

Mas uma espécie de borboleta precisa de muito tempo para os indivíduos de suas populações possam extrair os compostos de proteção das plantas ou mesmo sintetizá-los usando compostos mais básicos como aminoácidos. O mesmo vale para as plantas que serão alimento das suas larvas.

Assim, o tempo gasto e a complexidade dos passos evolutivos necessários para a utilização de uma nova espécie de planta por uma espécie de borboleta são enormes e talvez possam ser medidos na ordem de milhares de anos (**FIG. 358**).

TABELA 4. Equivalentes ecológicos nas defesas químicas das plantas, de acordo com a teoria da aparência. Segundo FEENY (1976) e RHOADES & CATES (1976).

	DEFESAS QUALITATIVAS	**DEFESAS QUANTITATIVAS**
Exemplos de substâncias.	Alcalóides, glicosídios cianogênicos, glicosinolatos, aminoácidos não protéicos, terpenos.	Celulose, hemicelulose, lignina, taninos, sílica.
Propriedades.	**Moléculas pequenas** e tóxicas.	**Moléculas grandes** (polímeros) ou cristais que reduzem a digestibilidade.
Quantidade.	**Baixa** (< 2% do peso seco dos tecidos da planta).	**Alta** (> 85% do peso seco dos tecidos da planta).
Distribuição na planta.	Folhas novas e muito importantes, brotos ou frutos verdes.	Tecidos permanentes ou folhas maduras.
Distribuição entre plantas.	**Rara**, de pouca duração, e/ou em espécies herbáceas ou do início de sucessão secundária.	**Comum**, de longa duração, e/ou em espécies de porte arbóreo ou do final de sucessão secundária.

TABELA 5. Síndromes encontradas nos grupos de borboletas aposemáticas e alguns parâmetros populacionais relevantes.

Síndrome	**A**	**B**	**C**
Fonte da toxina	Planta de alimento larval.	Alimento do adulto.	Endógena.
Opções	Seqüestrar, transformar, excretar.	Seqüestrar, transformar, excretar.	Biosintetizar.
Grupo	Papilionidae: Troidini [*Battus*, *Parides*]; Pieridae: Pierinae; Lycaenidae [*Eumaeus*].	Nymphalidae: Danainae e Ithomiinae.	Nymphalidae: Acraeinae e Nymphalinae: Heliconiini.
Concentração da toxina (% do peso seco)	0,1 - 1,0	0,1 - 3,0	1,0 - 3,0
Comportamento gregário nas larvas	Grande em *Battus* e *Eumaeus*, menor em Pierinae e inexistente em *Parides*.	Só alguns Ithomiinae mais avançados.	Pequeno em alguns Heliconiini e muito grande nos Acraeinae.
Comportamento gregário nos adultos	Médio em *Battus* e *Eumaeus* e pequeno nos outros.	Pequeno em Danainae e grande nos Ithomiinae.	Muito grande nos Acraeinae e alguns grupos de Heliconiini.
Longevidade da larva	Grande em *Parides*, *Battus* e *Eumaeus* e pequena nos outras.	Pequena.	Muito longa em Acraeinae e pequena em Heliconiini.
Longevidade do adulto	Pequena.	Longa.	Muito longa em Heliconiini e muito pequena em Acraeinae.
Padrão aposemático na larva	Grande em *Battus*, *Parides* e *Eumaeus* e pequena no resto.	Grande em Danainae e nos Ithomiinae mais primitivos.	Grande.
Padrão aposemático no adulto	Grande.	Grande.	Grande.

ESTÁGIO DA COLONIZAÇÃO

OVIPOSIÇÃO PELA FÊMEA

p1

ACEITAÇÃO PELA LARVA

p2

CRESCIMENTO LARVAL

p3

SOBREVIVÊNCIA LARVAL

p4

SOBREVIVÊNCIA PUPAL

p5

SOBREVIVÊNCIA DO ADULTO

p6

ACASALAMENTO E CÓPULA

p7

FACILITAÇÃO QUIMICA

Comportamento: estimulantes e inibidores de oviposição.

Comportamento: estimulantes e inibidores de alimentação.

Metabolismo: tolerância às defesas da planta.

Predação ou parasitismo: da planta usados na defesa da larva.

Predação ou parasitismo: s da planta usados na defesa da pupa.

Predação ou parasitismo: s da planta usados na defesa do adulto.

Reprodução: compostos da planta usados como precursores de feromônios.

FIGURA 358. Passos evolutivos na aceitação de uma nova espécie de planta por uma espécie de borboleta, indicados pela possível facilitação pela pré-adaptação química nos sucessivos estágios de colonização. A probabilidade total de sucesso na colonização é o produto das probabilidades de cada estágio. Adaptado de FEENY (1991).

No Vale do Rio Quilombo existem muitas espécies que são miméticas. Um exemplo de anel mimético é o do padrão tigrado com desenhos nas asas que são formados por listras e manchas amarelas, alaranjadas e brancas contra o fundo preto. No Vale do Rio Quilombo esse anel é formado por 26 espécies pertencentes a sete subfamílias e 12 gêneros das famílias Nymphalidae e Pieridae (**TAB. 6; FIG. 359 A-B**) além de uma família de mariposas.

Nesse conjunto as seis espécies de itomíneos, a de *Lycorea* e as duas de *Heliconius* e as sete de *Actinote* são modelos Müllerianos com diferentes níveis de proteção química (toxidez e impalatabilidade) contra predadores. As oito espécies restantes são mímicos Batesianos que se beneficiam da presença desses modelos na comunidade de borboletas que fazem parte. Alguns dos mímicos são muito raros como a mariposa diurna da família Arctiidae, *Dysschemma amphissa,* que só foi vista uma vez na área (**FIG. 360**) ou a fêmea de *Dismorphia melia* também vista uma única vez (**FIG. 359 B**).

De maneira geral, a quantidade total de espécies que são modelos é maior do que daquelas que são miméticas batesianas.

Um outro anel é o formado pelo papilionídeo *Parides anchyses nephalion* (**FIG. 361 A-B**) e *Parides tros*, que são modelos, e pelo pierídeo *Archonias brassolis tereas* (**FIG. 361 C**) que é um mímico batesiano. Um teste feito com formigas de correição mostrou que elas não rejeitaram uma borboleta desta espécie (**FIG. 362**) mas rejeitaram uma lagarta de *Danaus erippus* enterrando-a (**FIG. 363**).

TABELA 6. Espécies que fazem parte do anel mimético tigrado no Vale do Rio Quilombo.

Família	Subfamília	Espécies
PIERIDAE	**Dismorphiinae**	*Dismorphia amphione astynome* *Dismorphia astyocha* *Dismorphia melia*
NYMPHALIDAE	**Ithomiinae**	*Melinaea ludovida parayia* *Melinaea ethra ethra* *Hypothiris ninonia daeta* *Mechanitis lysimnia lysimnia* *Mechanitis poymnia casabranca* *Placidina euryanassa*
	Danainae	*Lycorea halia discreta*
	Nymphalinae	*Hypanartia bella* *Hypanartia lethe*
	Charaxinae	*Consul fabius drurii*
	Heliconiinae	*Eueides isabella dianasa* *Eueides pavana* *Heliconius ethilla narcaea* *Heliconius numata robigus* *Actinote pellenea pellenea* *Actinote carycina* *Actinote brylla* *Actinote melanisans* *Actinote genitrix* *Actinote parapheles* *Actinote discrepans*
	Melitaeinae	*Eresia eunice esora* *Eresia perna perna*

A

Melinaea ludovida parayia

Melinaea ethra ethra

Hypothiris ninonia daeta

Mechanitis lysimnia lysimnia

Mechanitis poymnia casabranca

Placidina euryanassa

Lycorea halia discreta

Hypanartia bella

Hypanartia lethe

Eueides isabella dianasa

Consul fabius drurii

Dismorphia amphione astynome

Dismorphia astyocha

Heliconius ethilla narcaea

Heliconius numata robigus

Eresia eunice esora

Eresia perna perna

FIGURA 359. Espécies que fazem parte do anel mimético tigrado no Vale do Rio Quilombo.

B

FIGURA 359. Continuação. Espécies que fazem parte do anel mimético tigrado no Vale do Rio Quilombo.

Actinote genitrix *Actinote discrepans* *Actinote melanisans* *Actinote parapheles*

Actinote pellenea *Actinote carycina* *Actinote brylla* *Eueides pavana* *Dismorphia melia* Fêmea

FIGURA 360. A mariposa diurna *Dysschema amphissa* em flores de *Vernonia beyrichii*.

ABR2009

A

B

C

JUN2008

JUN2008

JUN2008

FIGURA 361. Duas espécies que fazem parte de outro anel mimético no Vale do Rio Quilombo (**A-B**) *Parides anchyses nephalion* e (**C**) *Archonias brassolis tereas*.

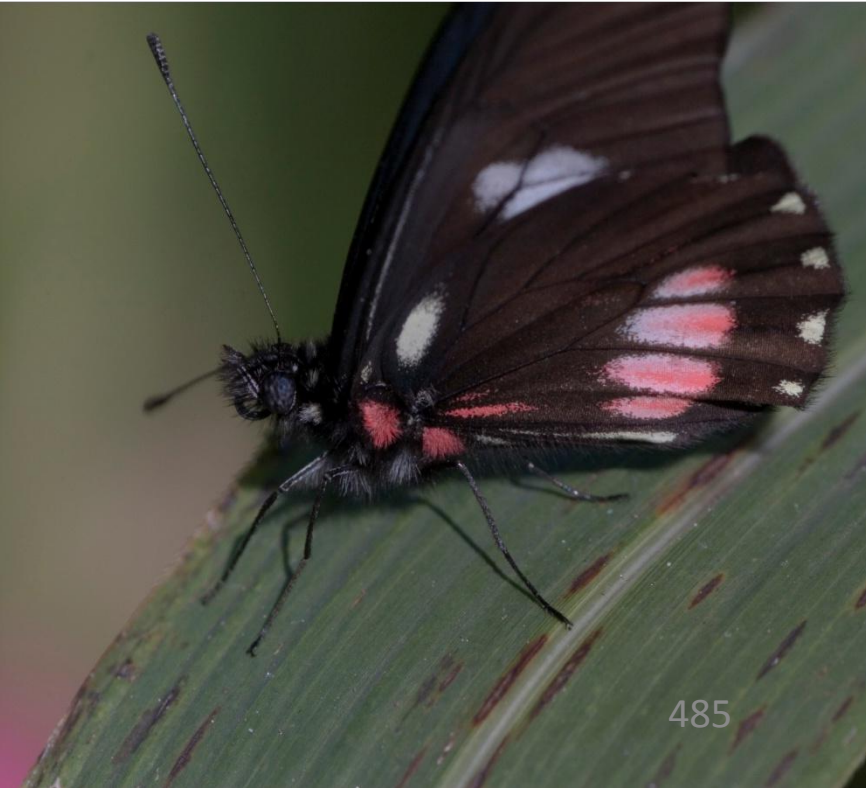
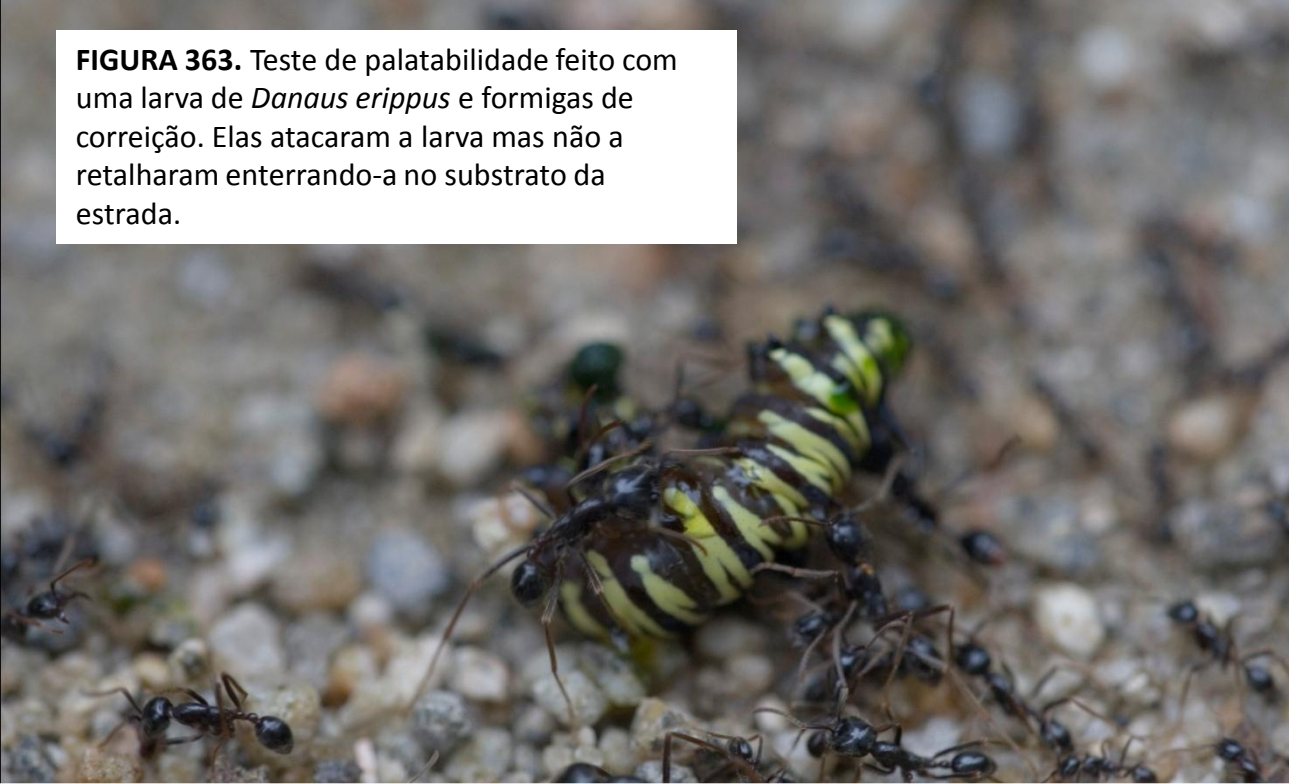



FIGURA 362. Teste de palatabilidade feito com uma borboleta *Archonias brassolis tereas* e formigas de correição. Elas atacaram a borboleta e a retalharam e no final só asas não foram carregadas.

FIGURA 363. Teste de palatabilidade feito com uma larva de *Danaus erippus* e formigas de correição. Elas atacaram a larva mas não a retalharam enterrando-a no substrato da estrada.

Um exemplo de substância química que confere proteção contra a predação de borboletas é o grupo dos glicosídeos cianogênicos.

Os glicosídeos cianogênicos são O-β-glicosídeos de α-hidroxinitrilas (cianohidrinas) (**FIG. 364 D**) que são compostos orgânicos biosintetizados derivados de aminoácidos.

Quando suas moléculas são quebradas por enzimas específicas (**FIG. 364 A**), como a β-glicosidade, elas se decompõe em glicose e uma cianohidrina que por atuação de oxinitrilases em pH ácido liberam um componente carbonilado e HCN. O principal agente tóxico é o HCN ou ácido cianídrico que é um inibidor do transporte de elétrons na cadeia respiratória. Isto significa morte no nível das mitocôndrias dentro de cada célula.

Borboletas ninfalídeas da subfamília dos heliconíneos são capazes de sintetizar essas substâncias. As espécies de *Heliconius* e *Actinote* são cianogênicas. A liberação de HCN de imaturos e adultos que foram amassados (**FIG. 364 C**) pode ser detectada usando papel indicador de picrato de sódio que muda da cor amarelo limão para vermelho tijolo.

Uma das maneiras que as borboletas adultas usam para repelir agressores é a eliminação de gotas de hemolinfa cianogênica. Elas fazem isso liberando-as por dobras no tórax quando, por exemplo, são manuseadas.

Essa defesa custa cerca de 20% do volume total de líquido que circula pelo corpo da borboleta o que significa que ela precisa obter mais líquido após a hemorragia e portanto é usada como um recurso extremo de defesa (**FIG. 365**).

Assim, apesar dessas borboletas serem organismos que usam toxinas na sua proteção contra inimigos naturais elas não são eficientes contra todos eles porque muitos são suficientemente especializados para anulá-las e até aproveitá-las.

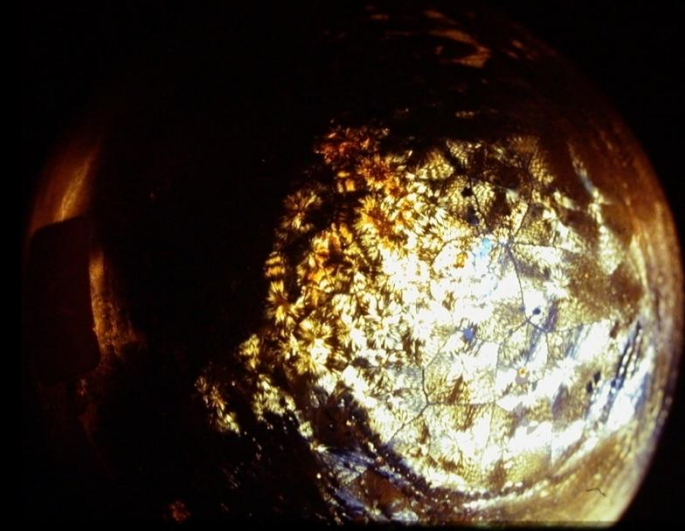
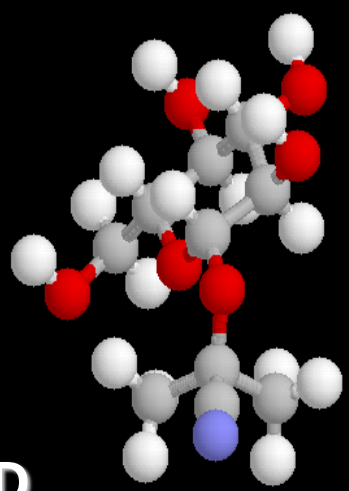
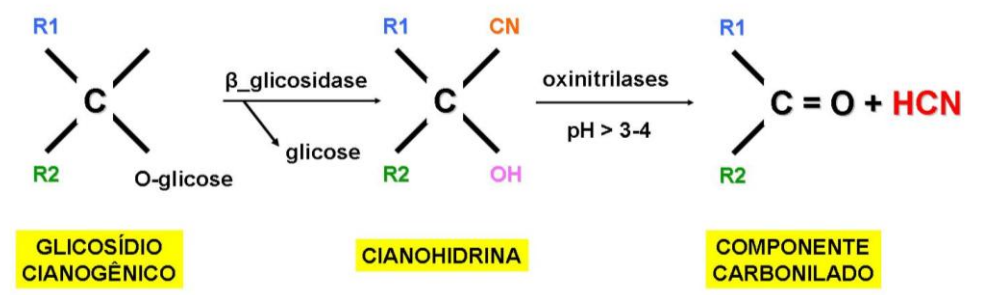



FIGURA 364. (**A**) Hidrólise enzimática de uma molécula de um glicosídeo cianogênico segundo DAVIS & NAHRSTEDT (1985). Os radicais **R1** e **R2** caracterizam a porção aglicona da molécula. (**B**) Balão de vidro com cristais de linamarina após terem sido extraídos e purificados de larvas de *Actinote*. (**C**) Borboleta adulta de *A. p. pellenea* esmagada para liberar HCN indicado pela mudança de coloração do papel indicador de picrato de sódio. **(D)** Estrutura da molécula de linamarina ($\mathbf{C_{10}H_{17}NO_6}$), um glicosídeo cianogênico.

5mm

Figura 365. Borboleta adulta de *Actinote pellenea pellenea* imobilizada por pinça que prendia suas asas mostrando a eliminação da gota de hemolinfa cianogênica.

Mesmo com a proteção química, as borboletas são predadas por vários tipos de organismos.

Um deles são aranhas, que podem predá-las passivamente estendendo teias (**FIG. 366**). Na área, uma das aranhas mais comuns é a grande *Nephila clavipes* que pode ter teias com mais de meio metro de diâmetro (**FIG. 367-368**) que capturam muitas borboletas.

Mas mesmo aranhas pequenas podem capturar borboletas de tamanho bem maior do que o seu (**FIG. 369**).

Uma outra aranha orbitela (que faz teias) é *Argiope argentata* que também coleta muitas borboletas para a sua alimentação (**FIG. 370-371**).

Outras aranhas são caçadoras ativas e ficam esperando as borboletas pousarem nas flores para poder atacá-las. Aranhas tomisídeas geralmente têm coloração similar parecida com a das flores de forma a ficar camufladas (**FIG. 372-373**).

No pico de vôo das borboletas no outono, é comum a observação de borboletas presas em teias ou restos das mesmas já sugados (**FIG. 374**).

FIGURA 366. Uma teia de *Verrucosa arenata* estendida e esperando que uma presa caia nela.

MAI2008

ABR2008

FIGURA 367. Uma teia de *Nephila clavipes* estendida e esperando que uma presa caia nela.

ABR2008

MAI2009

FIGURA 368. Uma teia de *Nephila clavipes* estendida com uma borboleta *Eueides aliphera aliphera* presa nela.

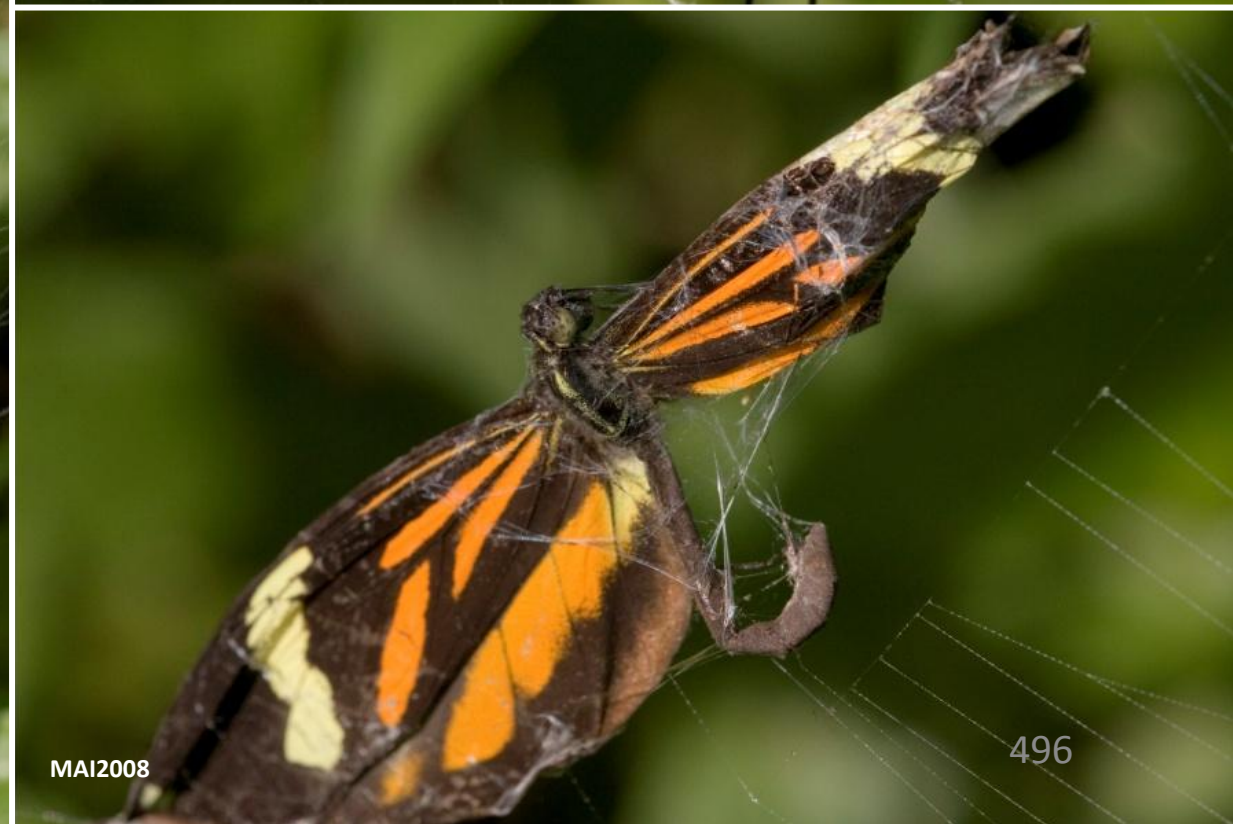
FIGURA 369. Mesmo aranhas pequenas podem capturar borboletas de tamanho bem maior do que o seu.

ABR2008

ABR2008

FIGURA 370. Uma *Dismorphia* capturada na teia *Argiope argentata* e já sugada pela aranha.

MAI2008

MAI2008

MAI2008

ABR2006

FIGURA 371. Uma *Dryas iulia* capturada na teia *Argiope argentata* sendo manipulada por ela.

JUN2008

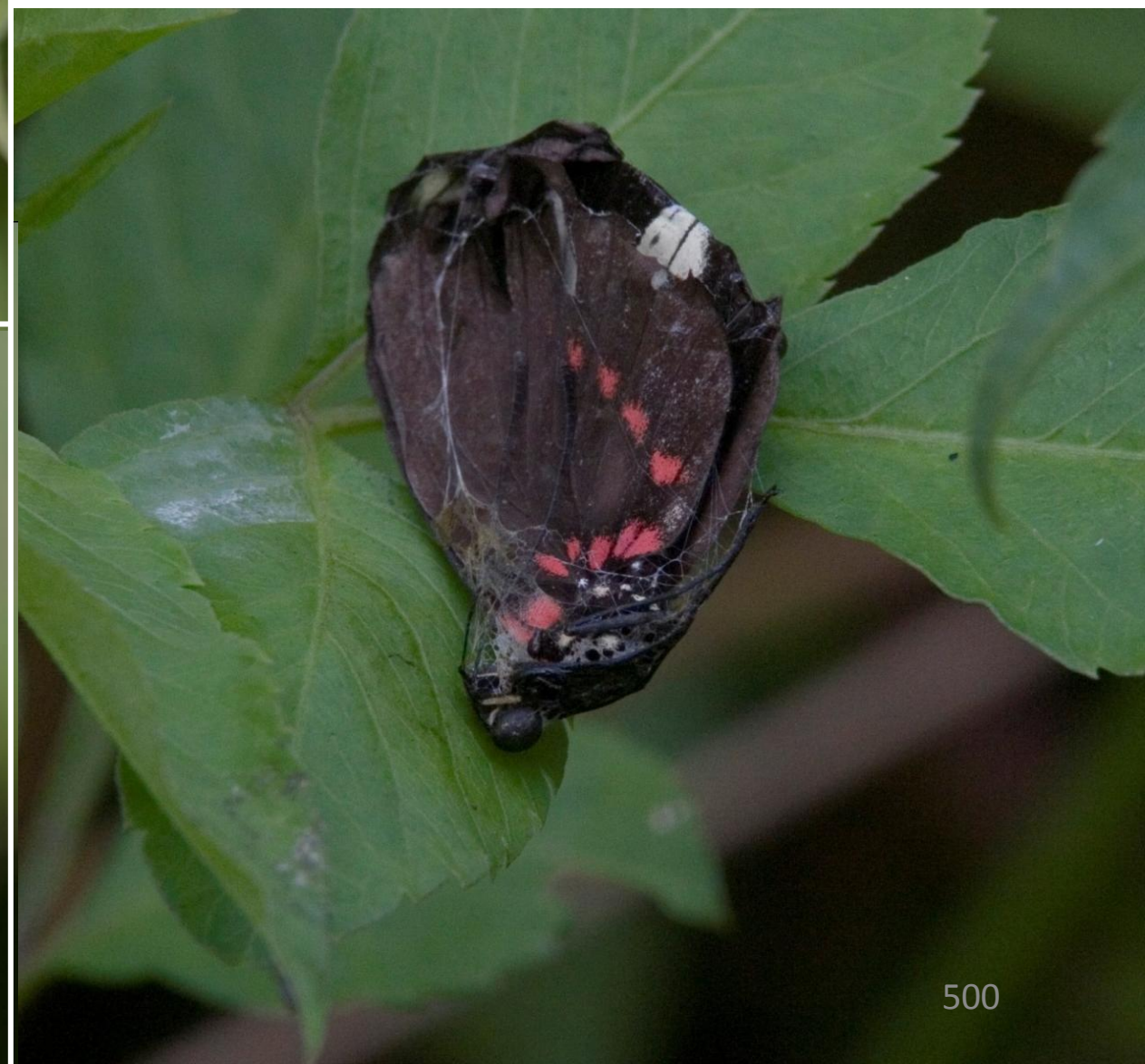
MAR2008

FIGURA 372. Aranhas tomisídeas são especialistas em coletar insetos que procuram flores para se alimentar e muitas dessas aranhas tem a mesma cor das flores o que faz com fiquem camufladas. As fotos mostram um borboletas *Tegosa claudina* sendo atacada por uma dessas aranhas.
Na página seguinte (**A**) uma outra tomisídea branca sobre inflorescência de *Bidens alba*. Neste caso, como as flores brancas da borda da flor já haviam caído a aranha não fica muito camuflada. (**B**) Uma borboleta riodinídea, *Euselasia* sp., predada por aranha não identificada.

MAI2008

FIGURA 373. Continuação da página anterior.

FIGURA 374. No outono, durante o pico de vôo das borboletas, é comum encontrar-se embaixo de grande plantas floridas restos delas que foram predadas. Uma fêmea de *Actinote pellenea pellenea* , uma *Adelpha* sp. e um indivíduo de *Heliconius sara apseudes* já sugado por aranha.

ABR2008

Borboletas adultas podem ser predadas por louva-a-deus mas esses eventos são bem raros (**FIG. 375**).

Já as formigas são predadoras mais eficiente de ovos, mesmo de espécies consideradas tóxicas como Actinote pellenea pellenea. Quando encontram uma oviposição elas sempre começam a morder os ovos da periferia da oviposição nunca penetrando no meio dela. A cada mordida, a formiga tem uma reação de limpar-se rapidamente e, muitas vezes anda rapidamente para trás (**FIG. 376**), provavelmente para sair da área onde uma quantidade grande de toxina está sendo liberada pelo ovo atacado. Enquanto um formiga se recupera outra pode tomar o seu lugar. Por isso, na folha podem estar presentes muita formigas mas apenas uma parcela delas está atacando os ovos (**FIG. 377**). Esse método é eficiente e permite que depois de um certo tempo todos os ovos possam ser alcançados.

Percevejos predadores também usam a mesma tática das aranhas tomisídeas, esperando as borboletas escondidos entre as flores (**FIG. 378**) mas suas ninfas ou adultos podem também atacar larvas (**FIG. 379**).

ABR2008

NOV2008

FIGURA 375. Louva-deus são predadores eventuais de borboletas. A sequência mostra um louva-a-deus predando um macho de *Heliconius erato phyllis* em um experimento feito no campo.

FIGURA 376. Formigas e percevejos também podem predar ovos de borboletas. Oviposição de *Actinote parapheles* com os ovos da periferia predados por formigas.

ABR2008

A

B

DEZ2007

C

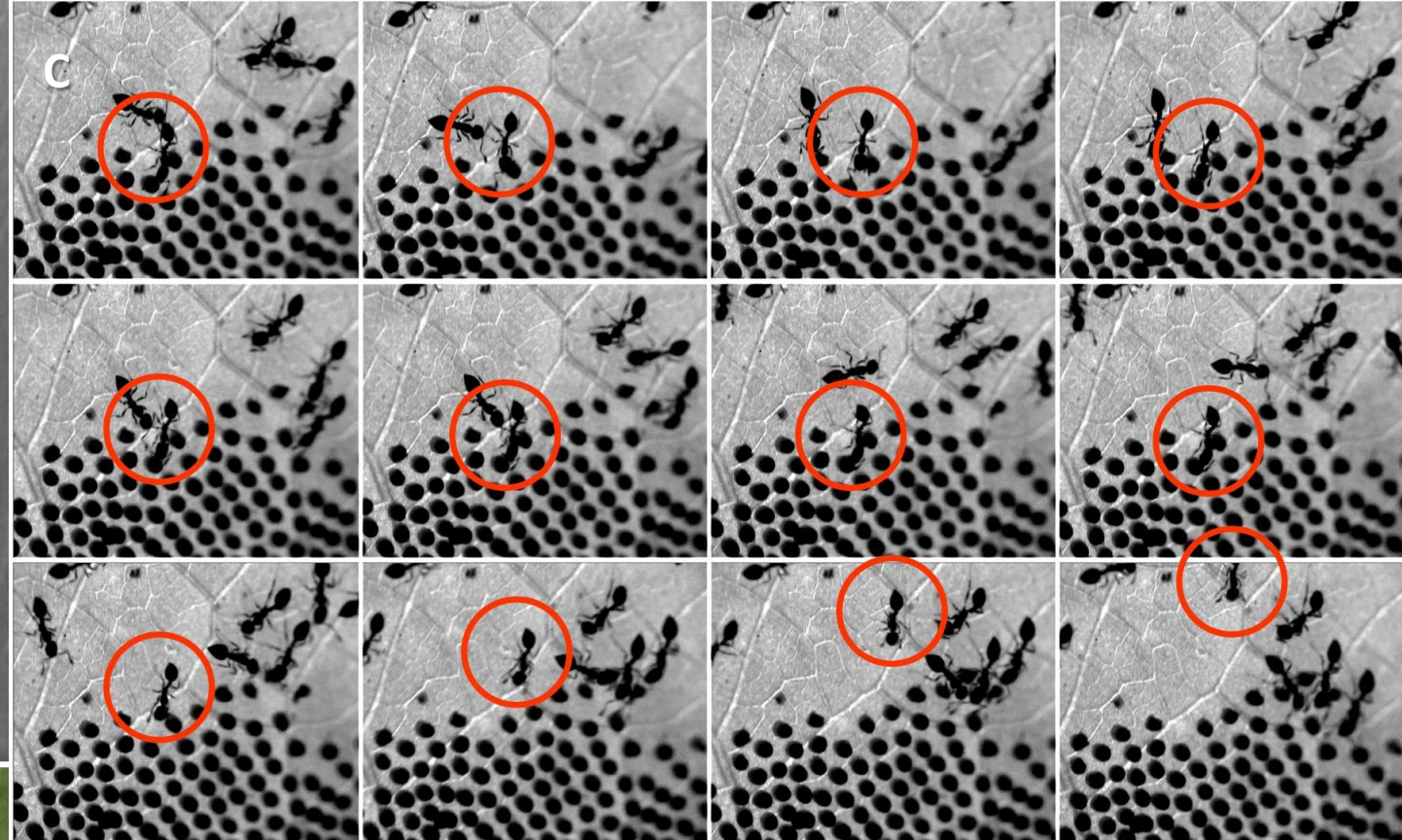
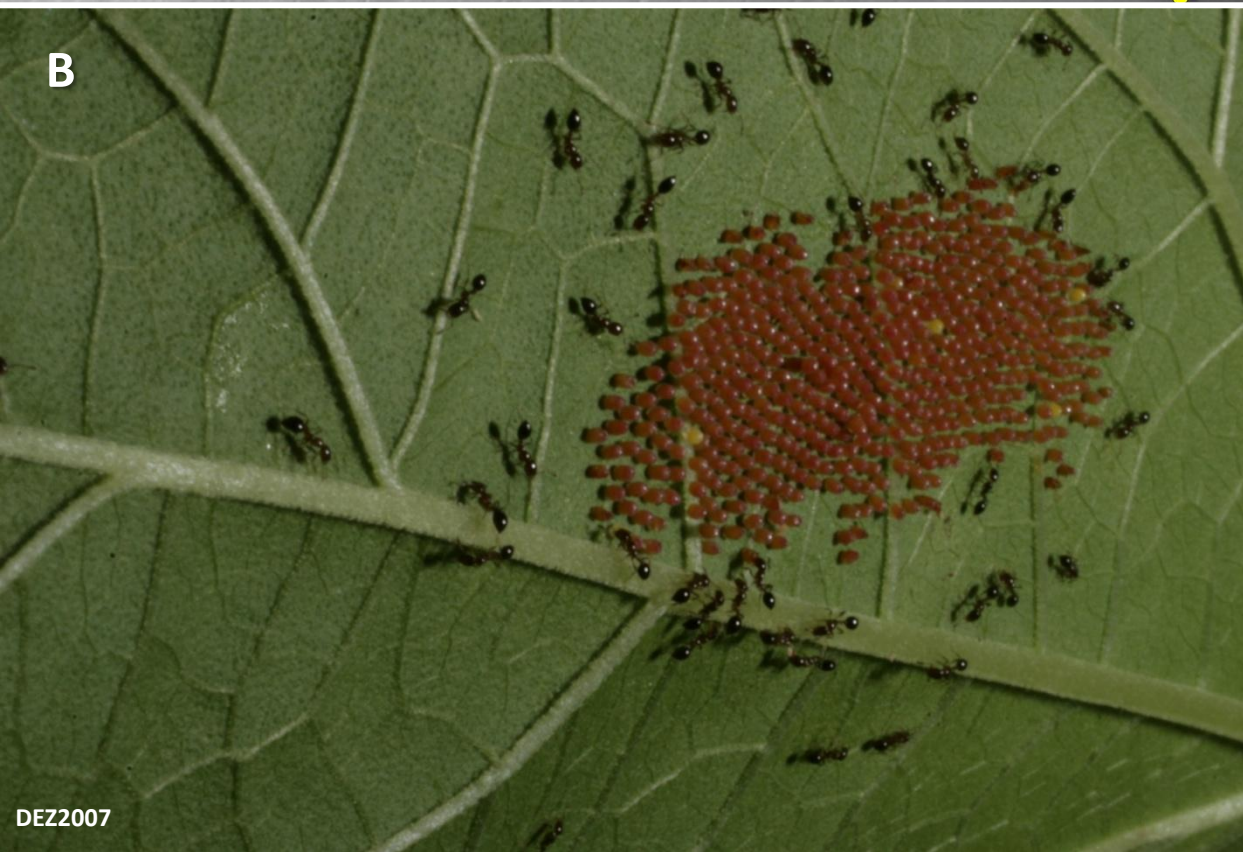
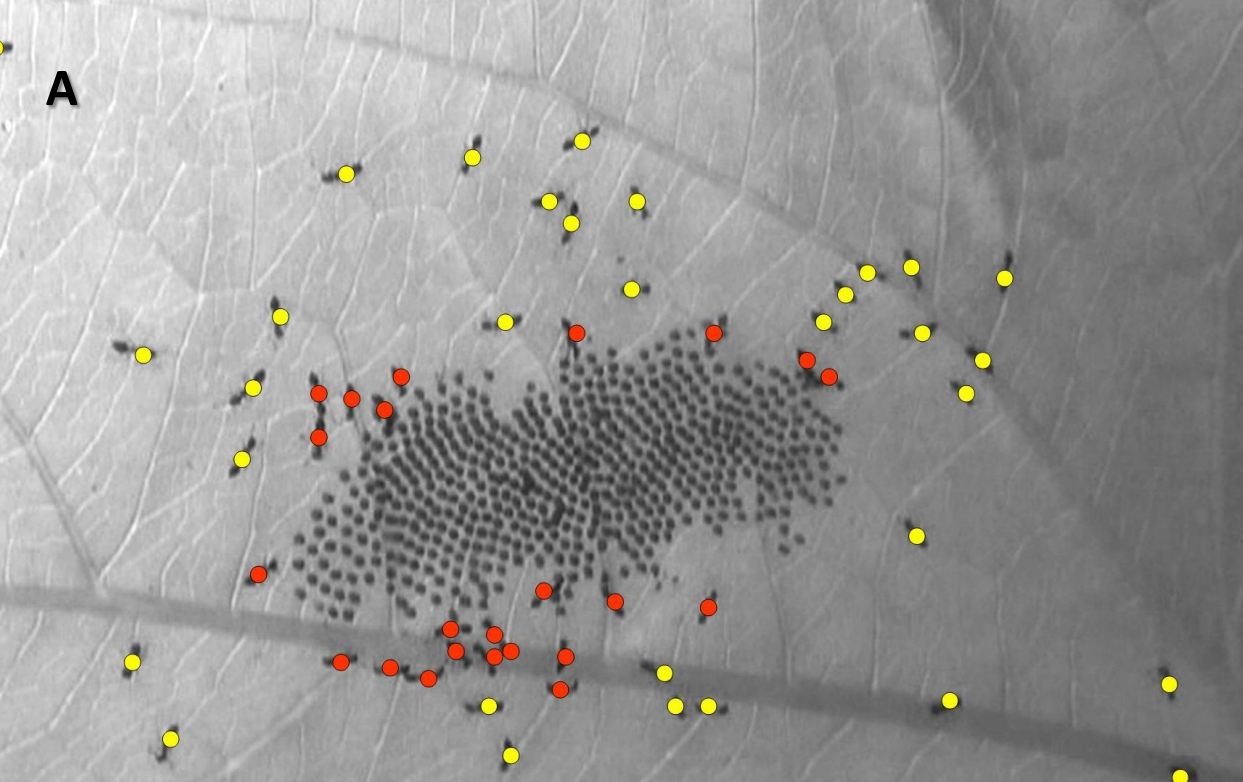



FIGURA 377. (**A-B**) Vista geral de uma oviposicão de *A. p. pellenea* sendo atacada por formigas *Solenopsis* sp. em 4 de dezembro de 2007 em arbusto de *A. inulaefolium* na estrada do Trapucaia. Elas atacavam as bordas e nunca chegavam aos ovos mais interiores. De um total de 56 formigas da foto, apenas 23 (círculos vermelhos) trabalhavam nos ovos as outras 33 (círculos amarelos) estavam afastadas indo ou voltando. (**C**) Sequência fotográfica da resposta de uma formiga que mordeu um ovo da oviposicão de *A. p. pellenea* da figura 5. Intervalo entre de 10s, entre 08:47:50h e 08:47:60 (1s cada fotograma), mostrando o recuo da formiga após a mordida.

ABR1989

ABR1989

ABR1989

FIGURA 378. Hemíptero *Oplomus catena* predando adultos *A. carycina* em flores de *Eupatorium gaudichaudianum* em abril de 1989 em Tapiraí, SP.

A

B

C

FIGURA 379. (**A-B**) Ninfas do hemíptero *Stirethrus* sp. predando larvas de *Actinote carycina* em terceiro estádio. (**C**) Adulto dessa mesma espécie aproximando-se de um grupo de larvas de *A. carycina* em último estádio. Fotos Fernando Frieiro Costa.

Lagartos teiú (*Tubinambis merianae*) são comuns ao longo da estrada e podem ser vistos nos dias mais quentes aproveitando o calor do sol para termoregular (**FIG. 380**), e eventualmente podem predar aquelas borboletas que vão ao solo em busca de umidade e nutrientes.

Os lagartos mais jovens são mais pintados e se camuflam melhor na sombra (**FIG. 381**). As evidências de uma predação feita por esses lagartos em um bando com borboletas pierídeas e papilionídeas foi observada em janeiro de 2010. A seta vermelha indica o ponto onde estava o lagarto que logo se evadiu. Os restos das borboletas mortas formados apenas pelas asas indicam que apenas o corpo foi ingerido pelo predador (**FIG. 382**).

FIGURA 380. Lagartos teiú (*Tubinambis merianae*) são comuns ao longo da estrada e podem ser vistos nos dias mais quentes aproveitando o calor do sol para termoregular. Eventualmente podem predar aquelas borboletas que vão ao solo em busca de umidade e nutrientes. Continua na próxima página.

ABR2009

MAR2009

ABR2009

FIGURA 381. Continuação da página anterior. Os lagartos mais jovens são mais pintados e se camuflam melhor na sombra. A página seguinte mostra evidências de uma predação feita por esses lagartos em um bando com borboletas pierídeas e papilionídeas. A seta vermelha indica o ponto onde estava o lagarto que logo se evadiu. Os restos das borboletas mortas formados apenas pelas asas indicam que apenas o corpo foi ingerido pelo predador.

FIGURA 382. Continuação da página anterior. Veja legenda nela.

JAN2010

Capítulo 10

Estudando borboletas

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

COMO ESTUDAR BORBOLETAS

Estudar borboletas não é tão difícil quanto pode parecer. Primeiro é necessário escolher a espécie a ser estudada. Talvez aquela seja a mais comum na sua área ou talvez aquela que chame mais atenção. Isto pode demandar algumas horas de atividade de campo para fazer essas observações.

Depois é necessário ter uma rede entomológica (**FIG. 383**) para poder coletar as borboletas sem causar danos que comprometam sua sobrevivência. Por isso, ela deve ser manuseada com o cuidado.

Uma vez coletada a borboleta deve ser imobilizada usando o próprio tecido da rede de forma a fazer com que ela fique segura dorsalmente entre seu polegar e o indicador da mão esquerda pelo lado de fora fazendo o possível para que eles fiquem o mais próximo possível do tórax dela (**FIG. 384**).

Com ela imobilizada podemos então inverter o tecido da rede até podermos alcançar a borboleta que agora deverá estar com a parte ventral e pernas na sua direção. Outra vez ela deve ser segura com seu polegar e o indicador só que agora da mão direita. Sempre tomando o cuidado para que seus dedos não retirem escamas das asas. Eventualmente ela pode ser transferida para uma pinça de ponta chata (tipo filatélica) que permite segurar a borboleta com as asas fechadas sem causar lesões às mesmas.

Uma vez retirada da rede, as características importantes devem ser medidas e anotadas e então a borboleta deve ser marcada o mais rápido possível.

A marca deverá fazer parte de um código alfa-numérico, numérico ou outro qualquer que permita identificar o indivíduo. Em trabalhos mais simples as marcas de cada local e/ou data poderão ser iguais mas isso fará com que os dados que podem ser extraídos com as recapturas sejam mais pobres.

FIGURA 383. Uma rede entomológica de tamanho padrão e em posição para coleta. Para evitar injúria nas borboletas coletadas a rede deve estar limpa e seca. A redada deve ser dada sempre de lado ou de cima para baixo (como na foto ao lado).

FIGURA 384. Retirada de uma borboleta da rede entomológica.

Foto Rafael JAN 2005 Piquete

As marcas numéricas ou alfa-numéricas poderão ser feitas com canetas de ponta porosa e tinta indelével e aplicadas por pontilhado sem raspar a superfície da asa (**FIG. 385 A-B; 386**).

Também poderão ser usadas etiquetas feitas de papel de seda muito fino previamente numeradas com caneta preta indelével 0.1 ou impressas em impressora laser. Neste caso a borboleta coletada é imobilizada por pinça de pressão (**FIG. 387 A**) e a etiqueta colada com uma pequena quantidade de esmalte incolor de unhas na base da face ventral da asa posterior esquerda (**FIG. 387 B-C**). A medição do comprimento da asa anterior é feita com a borboleta ainda imobilizada (**FIG. 387 D**). Para evitar perda de etiquetas pelo vento e caso se queira ter uma ordem na colocação das mesmas, elas deverão ser presas em série usando alfinetes entomológicos 00 (**FIG. 387 E**). Depois da marcação, a borboleta estará pronta para ser liberada (**FIG. 387 F**).

A vantagem desse método em relação à marcação com caneta é que a recaptura por observação visual ou fotográfica (sem coleta com a rede) pode ser feita com maior facilidade (**FIG. 388-389**).

A B

Figura 385. (**A**) Marcação numérica na face ventral da asa posterior de uma borboleta *Anartia amathea roeselia* com caneta de ponta porosa para retropropjetor. (**B**) A mesma borboleta já liberada no campo.

FIGURA 386. Documentação fotográfica dos indivíduos *D. erippus* marcados em várias datas. #20-#21-#22-#23-#24 em 8 de março de 2005; #25, #26 e #27 em 17 de março de 2005; #34 em 29 de março de 2005; #50 em 12 de maio de 2005; #90, #91 e #92 em 14 de junho de 2005; #100 em 4 de julho de 2005.

Documentação fotográfica dos indivíduos 31-32-33 de *Danaus gilippus* emergidos em 18 de março de 2005 de larvas de último estádio coletadas em 8 de março de 2005.

JUNHO 2005

JUNHO 2005

FIGURA 387. Técnica usada para imobilizar e marcar as borboletas estudadas. (**A**) Pinças de imobilização com uma escala que permite estimar o tamanho nas imagens fotografadas; (**B-C**) Colocação da etiqueta de papel manteiga impresso a laser e fixada com esmalte incolor de unhas; (**D**) Medição do comprimento da asa anterior com a borboleta ainda imobilizada. (**E**) Estoque de eqtiquetas em ordem alfa-numérica. Elas são presas por alfinetes entomológicos para evitar serem levadas pelo vento e facilitar o manuseio rápido; (**F**) Uma borboleta marcada e pronta para ser liberada.

FIGURA 388. Duas borboletas *Anartia amathea roeselia* marcadas com etiquetas numeradas coladas na base da face ventral da asa posterior: #0043 e #0032.

FIGURA 389. Duas borboletas *Anartia amathea roeselia* marcadas: uma usando um código binário feito nas manchas brancas da face dorsal da asa anterior direita: #28 e outra com número #19 escrito na face dorsal da asa anterior.

Nem sempre a coleta com rede é fácil, principalmente quando elas estão quase fora do alcance (**FIG. 390**). Quando a quantidade de borboletas coletadas em uma redada for muito grande. Conforme elas vão sendo retiradas da rede poderão ser presas temporariamente usando pregadores de roupa (**FIG. 391**). É muito importante que todas as operações descritas acima sejam sempre feitas à sombra, mesmo que seja a do próprio corpo do pesquisador.

Quando as borboletas forem muito pequenas para serem coletadas e marcadas sem dano pode ser usado o método de aspersão de tinta. Ele pode ser feito usando um recipiente plástico para aspersão de perfumes, por exemplo. Uma mistura de etanol 95% com tinta indelével de pigmento preto para impressora à jato de tinta produz manchas que podem ser usadas para identificar indivíduos, principalmente se a recaptura for fotográfica e não visual (**FIG. 392**).

Se as idas ao campo forem frequentes e o número de borboletas na população não aumentar ou diminuir muito, a quantidade de borboletas recapturadas com marcas de dias anteriores vai aumentando. Se a população for muito estável, com poucos adultos emergindo de pupas ou morrendo, chegará um momento que todas as borboletas nela estarão marcadas.

Os métodos usados para se fazer estimativas das características da população baseando-se em captura, marcação, liberação e recaptura (CMLR ou MMR em inglês; de “multiple marking and recapture”) são relativamente complexos mas são abordados em inúmeras obras listadas no final deste capítulo.

Para estudar os comportamentos de alimentação, de termoregulação ou reprodutivo não é preciso nem coletar esses insetos. Basta observar, seja usando a vista desarmada ou um binóculo e um bloco de notas ou gravador seja fotografando ou filmando.

O estudo de comunidades de borboletas é mais complicado do que o de populações. Isto se deve ao fato de que a quantificação do esforço de captura não ser igual para todas as espécies.

Mas se o objetivo for o de apenas conhecer quais as espécies fazem parte da comunidade e qual a fenologia delas, então a quantificação será dispensável. Já as borboletas que possam ser atraídas por armadilhas ou iscas podem ser quantificadas com maior facilidade porque o esforço de amostragem pode ser padronizado usando armadilhas iguais e dispostas espacialmente em quantidade adequada para essa quantificação.

Figura 390. Sequência de captura de uma *Heliconius sara apseudes* para ser marcada utilizando a rede com tamanho máximo de cabo (4 m).

FIGURA 391. *Heliconius sara apseudes* esperando para serem analisadas , marcadas e soltas. É muito importante manter esse material retido o menor tempo possível e sempre à sombra.

A

B

JUL 2008

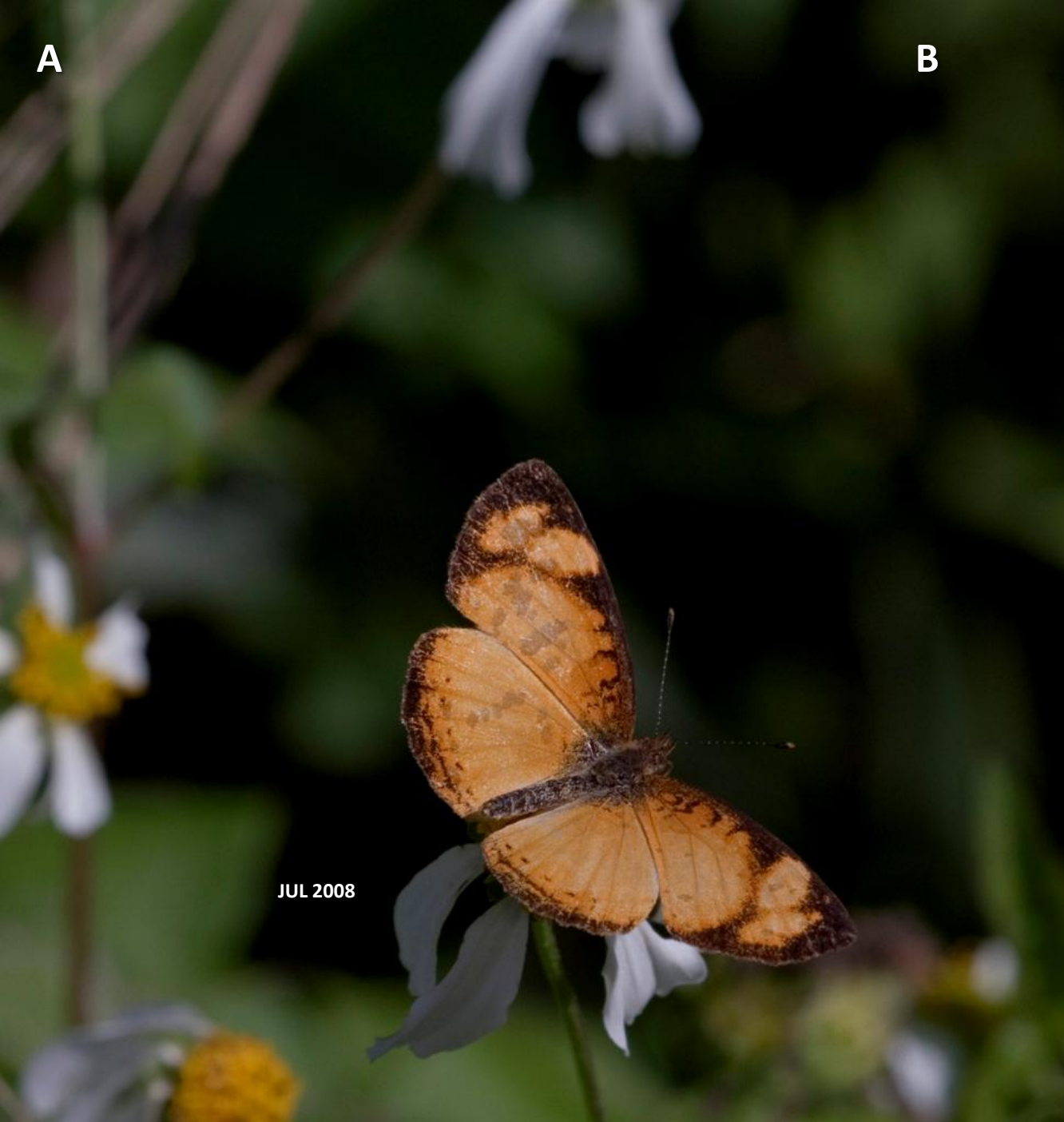
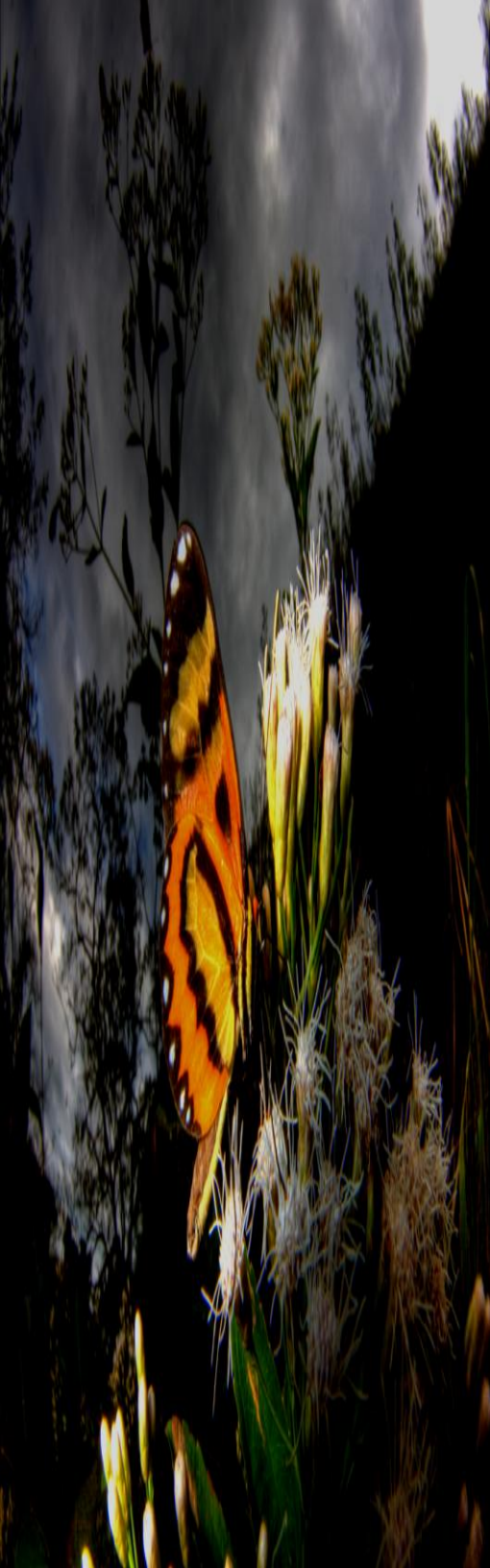



Figura 392. (**A**) Borboleta *Tegosa claudina* marcada utilizando a técnica de aspersão com tinta preta. As manchas são poucos perceptíveis para não alterar muito o padrão de desenho da borboleta mas elas ficam mais visíveis quando a foto é tratada para aumentar o contraste (**B**).

Referências Consultadas

R. B. Francini – 2010 - História Natural das borboletas do Vale do Rio Quilombo

A

ALCOCK, J. (2005) **Animal Behavior.** oitava edição. Sinauer Associates, Inc., Sunderland Massachusetts, 564 p.

ALMEIDA, F. F. M. & CARNEIRO, C. D. R. (1998) Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, **28**(2): 135-150.

ARMS, K.; FEENY, P. & LEDERHOUSE, R. C. (1974) Sodium: stimulus for puddling behavior by tiger Swallowtail butterflies, *Papilio glaucus*. **Science, 185**: 372-374.

B

BAKER, H. G. (1983) An outline of the history of anthecology, or pollination biology. ***In***: **Pollination biology**. edit. Real, L. Academic Press, Orlando, Florida, p. 7-28.

BAKER, H. G.; BAKER, I. (1973) Some anthecological aspects of the evolution of nectar-producing flowers, particularly amino acid production in nectar. ***In***: **Taxonomy and ecology**. Vol. 5. edit. Heywood, V. H., Academic Press, London, p. 243-264.

BAKER, H. G.; BAKER, I. (1975) Studies of nectar-constitution and pollinator-plant coevolution. ***In***: **Coevolution of animals and plants**. Gilbert,LE; Raven,PH. University of Texas Press, Austin, p. 100-140.

BATES, W. H. (1892) **The naturalist on the river amazons.** 395 p.

BECK, J.; MÜHLENBERG, E. & FIEDLER, K. (1999) Mud-puddling behavior in tropical butterflies: in search of proteins or minerals? **Oecologia**, **119**: 140-148.

BROWN, K. S., Jr. (1992) Borboletas da Serra do Japi: diversidade, hábitats, recursos alimentares e variação temporal. Cap. 8. ***In***: **História Natural da Serra do Japi. Ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**, edit. Morellato, L. P. C. Editora da UNICAMP / FAPESP, Campinas, p. 142-186.

BROWN Jr., K. S. & FRANCINI, R. B. (1991) Evolutionary strategies of chemical defense in aposematic butterflies: cyanogenesis in Asteraceae-feeding american Acraeinae. **Chemoecology**, 1: 52-56.

BROWN Jr., K. S.; TRIGO, J. R.; FRANCINI, R. B.; MORAIS, A. B. B.; MOTTA, P. C. (1991) Aposematic insects on toxic host plants: coevolution, colonization, and chemical emancipation. ***IN***: P. W. Price; T. M. Lewinshon; G. W. Fernandez; W. W.Benson (Org.). **Plant-animal interactions: Evolutionary ecology in tropical and temperate regions**. New York: John Wiley & Sons, 1991, p. 375-402.

C

COSSINS, A. R. & BOWLER, K. (1987) **Temperature biology of animals**. Chapman and Hall, London, 339 p.

D

DAEE 2005. **Banco De Dados Hidrometeorológicos**. Obtido em: <http://www.daee.sp.gov.br/hidrometeorologia/index.htm>

DANELON, O. M. & MOREIRA-NORDEMANN, L. M. (1991) Ocorrência natural e antropogênica de Cl-, Na+, NO---, NH4+ e SO4-- na Bacia do Rio Quilombo - (Cubatão - SP). **Revista Brasileira de Geociências**, **21**(1):96-101.

DEVRIES, P. J. (1987) **The butterflies of Costa Rica and their natural history: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

F

FRANCINI, R. B. (1989) **Biologia e ecologia das borboletas *Actinote* (Lepidoptera, Nymphalidae, Acraeinae) na transição subtropical no sudeste do Brasil.** Tese de mestrado, Universidade Estadual de Campinas. 236 p.

FRANCINI, R. B.; FREITAS, A. V. L. & BROWN Jr., K. S. (2005) Rediscovery of *Actinote zikani* (D'Almeida) (Nymphalidae, Heliconiinae, Acraeini): natural history, population biology and conservation of an endangered butterfly in SE Brazil. **Journal of the Lepidopterists Society, 59**(3): 134-142.

FRANCINI, R. B. & FREITAS, A. V. L. (2000) **Borboletas (Lepidoptera Hesperiioidea e Papilionoidea) que ocorrem na Baixada Santista, SP. Danainae.** Acessado no URL: <http://www.unisanto s.com.br/~metropms/xixova/a.htm>
atualmente sob pedido aos autores nos emails <francini@unisantos.br> ou <baku@unicamp.br>

FRANCINI, R. B. (2010) **Métodos para estudar ecologia de populações de borboletas**, 1a edição. E-book editado pelo autor. Santos, SP, Arquivo PDF com 201 p. disponível pelo e-mail <rbfrancini@uol.com.br>.

FRANCINI, R. B.; DUARTE, M.; MIELKE, O. H. H.; CALDAS, A. & FREITAS, A. V. L. (2010) Butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea and Hesperioidea) of the “Baixada Santista” region, coastal São Paulo, Southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, no prelo.

FREITAS, A. V. L. (1991) Variação morfológica, ciclo-de-vida e sistemática de Tegosa claudina (Eschscholtz) (Lepidoptera, Nymphalidae, Melitaeinae) no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia, 35**(2):301-306.

FREITAS, A. V. L. & BROWN, K. S., Jr. (1999) Lepidoptera ***IN:*** **Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX**, org. Brandão, C. R. & Cancello, E. M. FAPESP, SP, p. 225-243.

FREITAS, A. V. L.; FRANCINI, R. B. & BROWN Jr., K. S. (2003) Insetos como indicadores ambientais ***IN***: L. Cullen; R. Rudran; C. V. Padua. (Org.) **Manual Brasileiro em Biologia da Conservação**. Editora UFPR, Curitiba, p. 123 – 151.

G

GILBERT, L. E. 1984. The biology of butterfly communities ***IN***: **The Biology of Butterflies**. R. Vane-Wright & P. Ackery (eds.). New York, Academic Press. p. 41-54.

GILBERT, L. E. & SINGER, M. C. (1975) Butterfly ecology. **Annual Review of Ecology and Systematics**, **6**: 365-397.

GOOGLE INC. (2010) **Google Earth. Versão 5.1.3535.3218**. Data da compilação 14/Abr/2010.
Servidor kh.google.com

GPI (1969) **Estudo da viabilidade do distrito industrial de Santos**. PRODESAN, Progresso e desenvolvimento de Santos S. A., Santos, SP, 105 p.

GRIME, J. P. (1977) Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory**. American Naturalist**, **111**(982): 1169-1194.

H

HAASE, E. (1893) **Untersuchungen über die mimicry auf Grundlage eines natürlichen Systems der Papilioniden**. Verlag von Erwin Nägele, Stuttgart.

HANNAY, L. (2001) **Effect of Roads on Arthropods**. Wildland Center for Preventing Roads. <http://www.wildlandscpr.org/databases/biblionotes/biblio6.4.html>

HIJMANS, R. J., S. E. CAMERON, J. L. PARRA, P. G. JONES AND A. JARVIS (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology, 25**: 1965-1978.

HIJMANS, R. J. L. GUARINO, A. JARVIS, R. O'BRIEN, P. MATHUR, E. ROJAS, M. CRUZ AND I. BARRANTES (2005b) **DIVA-GIS 5.4.0.1. Software**. Obtido a partir do URL <http://www.diva-gis.org/>

J

JOLY, A. B. (1970) **Conheça a vegetação brasileira.** Editora Polígono e EDUSP, São Paulo, 181 p.

L

LAMAS, G. (2004) (editor) **Atlas of Neotropical Lepidoptera**. Checklist: Part 4A Hesperioidea – Papilionoidea. Association for Tropical Lepidoptera, Gainesville, Florida, 439 p.

LECOCQ-MÜLLER, N. (1965) A população regional. Cap. 8. In: **A Baixada Santista. Aspectos geográficos. Vol. 2.** edit. Azevedo,A. Cia. Editora Nacional e EDUSP, São Paulo, p. 141-193.

LEHNER, P. N. (2000) **Handbook of ethological methods.** Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 672 p.

LEWIS, H. L. (1975) **Las mariposas del mundo**. Ediciones Omega,S.A., Barcelona, 312 p.

LOCKWOOD, J. L.; HOOPES, M. F. & MARCHETTI, M. P. (2007) **Invasion Ecology**. Blackwell Publishing Ltd., Malden, Massachussets.

M

MADER, H.-J. (1984) Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. **Biological Conservation, 29**: 81-96.

MADER, H.-J., SCHELL, C. & KORNACKER, P. (1990) Linear barriers to arthropod movements in the landscape. **Biological Conservation, 54**: 209-222.

MAZA, R. R. (1987) **Mariposas mexicanas. Guia para su colecta y determinación**. Fondo de Cultura Económica, S.A. de C.V., Ciudad de México, 302 p.

MÜLLER, F. (1877) A correlação das flores versicolores e dos insectos pronubos. **Archivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro**, **2**: 19-23.

MÜLLER, F. (1877-1878) Beobachtungen an brasilianischen Schmetterlingen. III. 5.Acraea und die Maracujáfalter als Raupen, Puppen und Schmetterlinge. **Kosmos**, **2**: 218-224.

MÜLLER, F. (1878) Über die Vorteile der Mimicry bei Schmetterlingen. **Zoologischer Anzeiger**, **1**: 54-55.

MÜLLER, F. (1878) Notes on braziliam entomology. Odours emitted by butterflies and moths. **Transactions of the Entomological Society of London, 3**(1878): 211-223.

MÜLLER, F. (1879) *Ituna* und *Thyridia*. Ein merkwürdiges Beispiel von Mimicry bei Schmetterlingen. Kosmos, 5:100-108.

MÜLLER, F. (1882-1883) Bericht über "The colour and pattern of insects", by Dr.H.A.Hagen. **Kosmos**, **12**: 466-469.

MÜLLER, F. (1879) [A note] On a remarkable case of mimicry of *Eueides pavana* with *Acraea thalia*. **Transactions of the Entomological Society of London**, **1879**: 2.

N

NASA (2008) **Imagens de satélite.** Obtido em: <http://svs.gsfc.nasa.gov/vis>

NOSS, R. (1995) **The ecological effects of roads, or, the road to destruction**. The Road Ripperís Handbook, Wildlands Center for Preventing Roads, Missoula, MT.

P

PAES DE CAMARGO, H. S. PINTO, O. BRUNINI, M.J.PEDRO JR., A. A. ORTOLANI, R.R. ALFONSI (2005) **Conceituação**. Seção de Climatologia Agricola, Instituto Agronômico de Campinas, IAC, CIAGRO. http://www.iac.sp.gov.br/Ciiagro/clima/Conceitua%E7%E3o/Conceitua%E7%E3o.htm

PETRI, S. & FÚLFARO, V. J. (1988) **Geologia do Brasil (Fanerozóico).** T. A. Queiroz, Editor - EDUSP, São Paulo. XIII + 631 págs.

PETRONE, P. (1965a) Povoamento e caminhos nos séculos XVI e XVII. Cap. 6. In: **A Baixada Santista. Aspectos geográficos. Vol. 2.** edit. Azevedo,A. Cia. Editora Nacional e EDUSP, São Paulo, pp. 11-73.

PETRONE, P. (1965b) Povoamento e caminhos no século XVIII e primeira metade do século XIX. Cap. 7. In: **A Baixada Santista. Aspectos geográficos. Vol. 2.** edit. Azevedo,A. Cia. Editora Nacional e EDUSP, São Paulo, pp. 75-138.

PMS (2005) **Santos Digital**. Secretaria do Planejamento da Prefeitura Municipal de Santos. Acessado no URL: www.santos.sp.gov.br/planejamento/geo.htm

PRADO, M. U.; FREITAS, A. V. L.; FRANCINI, R. B. & BROWN Jr., K. S. (2004) Guia das Borboletas Frugívoras da Reserva Estadual do Morro Grande e região de Caucaia do Alto, Cotia (São Paulo). **Biota Neotropica**, **4**(1): 1-25.

R

RUTOWSKI, R. L. 1982. Mate choice and lepidopteran mating behavior. **Florida Entomologist**, 65(1): 72-82.

S

SANTOS, E. O. (1965) 4. Características climáticas. In: **A Baixada Santista. Aspectos geográficos. vol. 1. As bases físicas**, edit. Azevedo, A. Cia.Editora Nacional - EDUSP, São Paulo, p. 95-150.

SBORDONI, V.; FORESTIERO, S. (1988) **Butterflies of the world**. Crescent Book, New York. 312 p.

SCOTT, J. A. (1973) Mating of butterflies. **Journal of Research on the Lepidoptera**, **11**: 99-127.

SCOTT, J. A. (1986) **Butterflies of North America: a natural history and a field guide**. Stanford Univesity Press.

SEITZ, A. (1907-24) (editor) **Die Gross-Schmetterlige der Erde**. Vol. 5. Die Amerikanischen Tagfalter. Alfred Kernen, Stuttgart, 1141 p.

SIGRH 2004. **Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo**. http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/sigrh_index.exe

SMART, P. (1976) **Encyclopédie des papillons**. Elsevier, Séquoia, Bruxelles, 275 p.

U

URURAHY, J.C.C.; COLLARES, J.E.R.; SANTOS, M.M.; BARROSO, R.A.A. (1983) A vegetação. As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos: estudo fitogeográfico. Cap. 4. In: **Folha Rio de Janeiro-Vitória. Vol. 32.** edit. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE, Rio de Janeiro, p. 553-611.

V

VANE-WRIGHT, R. I. & ACKERY, P. R. (1984) (editores) **The biology of butterflies**. Royal Entomological Society, London.

VELEZ, J. & SALAZAR, J. (1991) **Mariposas de Colombia**. Villegas Editores, Bogotá, Colombia, 167 p.

W

WHALLEY, P. (1990) **Borboletas & Mariposas**. Editora Globo S.A., São Paulo, 64 p.

WIKLUND, K. (2003) Sexual selection and the evolution of butterfly mating systems ***in*** Boggs, C. L.; Watt, W. B. & Ehrlich, P. R. , **Butterflies: ecology and evolution taking flight**. University of Chicago Press, Chicago, p. 67-90.

WORLDCLIM (2009) **WorldClim - Global Climate Data**. obtido em: <http://www.worldclim.org/bioclim.htm>

Anartia jatrophae

Siproeta stelenes meridionalis

Heliconius erato phyllis